



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“INCREMENTO DE LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN GOBERNADO POR UNA ECM PROGRAMABLE”

**IZA CASTRO GEOVANNY ALEJANDRO
ANTONIO ALEJANDRO NOVILLO MERINO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA - ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-06-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**IZA CASTRO GEOVANNY ALEJANDRO
NOVILLO MERINO ANTONIO ALEJANDRO**

Titulada:

**“INCREMENTO DE LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA EN UN MOTOR DE
COMBUSTION INTERNA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE SOBREALIMENTACIÓN GOBERNADO POR UNA ECM
PROGRAMABLE”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Buenaño
DIRECTOR

Ing. Raúl Cabrera
ASESOR

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: IZA CASTRO GEOVANNY ALEJANDRO

TÍTULO DE LA TESIS: “INCREMENTO DE LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN GOBERNADO POR UNA ECM PROGRAMABLE”

Fecha de Examinación: 2016-06-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Buenaño DIRECTOR			
Ing. Raúl Cabrera ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NOVILLO MERINO ANTONIO ALEJANDRO

TÍTULO DE LA TESIS: “INCREMENTO DE LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN GOBERNADO POR UNA ECM PROGRAMABLE”

Fecha de Examinación: 2016-06-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Buenaño DIRECTOR			
Ing. Raúl Cabrera ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Iza Castro Geovanny Alejandro

Novillo Merino Antonio Alejandro

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Iza Castro Geovanny Alejandro

Cédula de Identidad: 210069415-3

Novillo Merino Antonio Alejandro

Cédula de Identidad: 060313835-5

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis lo dedico a mi madre y mi hermana por creer en mí en todo momento dándome su apoyo incondicional siendo ellas mi más grande tesoro, a mis amigos que con sus palabras me animaron a continuar mis metas y en especial a mi hermano el cual nunca ha dejado de cuidarme estando presente en cada momento importante en mi vida.

Iza Castro Geovanny Alejandro

Este trabajo de tesis se lo dedico a mis padres y a mi tía por su apoyo incondicional en el transcurso de toda mi vida, por depositar su confianza en mi formación tanto profesional como en valores, a toda mi familia, amigos y a esa persona especial por el apoyo directo o indirecto que he recibido, y de esa manera motivarme a seguir luchando para conseguir mi sueño de terminar la carrera.

Novillo Merino Antonio Alejandro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre ya que gracias a ella he podido cumplir cada una de las acciones que han marcado una gran etapa en mi vida, a mi hermana que siempre estuvo apoyándome sin permitir que me rindiera dando ánimos cuidando de siempre mí, a mis amigos con los cuales he aprendido el valor de la amistad siendo ellos un pilar fundamental en el cual he depositado mi confianza.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz que supieron compartir sus conocimientos y guiarme en este proceso de formación, a mi Director y Asesor de tesis por brindarme su apoyo en el desarrollo de la misma, a los amigos que he conocido a lo largo de esta etapa por apoyarme cuando lo he requerido.

A Rommel Calucho que nos dio la oportunidad de situarnos en un ámbito laboral dándonos a conocer experiencias para trabajos futuros.

Geovanny Alejandro Iza Castro

Gracias a Dios por bendecirme con la familia que tengo, por darme salud, inteligencia y sabiduría para superar cada una de las pruebas que la vida me ha puesto, a mis padres y a mi tía que desde muy corta edad me enseñaron el valor de hacer las cosas por uno mismo y a mis amigos que siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz que me formaron profesionalmente con sus conocimientos, a mi Director y Asesor de tesis por brindarme su apoyo en el desarrollo de la misma, a los amigos que he conocido a lo largo de esta etapa por apoyarme cuando lo he requerido. A Cesar Galarza, gerente propietario de Serex Racing que nos abrió las puertas de su taller y nos brindó su valiosa asesoría.

Antonio Alejandro Novillo Merino

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2.	Justificación.	1
1.2.1	<i>Justificación técnica</i>	1
1.2.2	<i>Justificación económica</i>	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i>	2

2. MARCO TEÓRICO

2.1	Introducción a los sistemas de inyección al estado actual del arte.	3
2.1.1	<i>Evolución de los sistemas de inyección a través de la historia “K- Jetronic”</i>	3
2.1.2	<i>Funcionamiento del sistema de inyección.</i>	5
2.1.3	<i>Tipos de sistemas de inyección:</i>	6
2.1.4	<i>Unidad de control electrónico.</i>	6
2.2	Sistema programable de inyección	7
2.2.1	<i>Generalidades.</i>	6
2.2.2	<i>ECU programable HALTECH sprint 500.</i>	7
2.3	Sensores, funcionamiento y curvas características.	7
2.3.1	<i>Sensor de posición de cigüeñal (CKP).</i>	7
2.3.2	<i>Tipos.</i>	8
2.3.3	<i>Sensor de Masa de aire (MAF).</i>	8
2.3.4	<i>Sensor de presión absoluta en el múltiple (MAP).</i>	9
2.3.5	<i>Sensor de temperatura de aire (IAT).</i>	10
2.3.6	<i>Sensor de temperatura de refrigerante (ECT).</i>	10
2.3.7	<i>Sensor de posición del acelerador (TPS).</i>	11
2.3.8	<i>Sensor de oxígeno (O2)</i>	11
2.4	<i>Actuadores, tipos y funcionamiento.</i>	12

2.4.1	<i>Relé.....</i>	12
2.4.2	<i>Bomba de combustible.</i>	12
2.4.3	<i>Inyector.</i>	13
2.4.4	<i>Bobina.....</i>	13
2.4.5	<i>Electro-ventilador.....</i>	14
2.5	<i>Circuito de combustible.</i>	14
2.5.1	<i>Tanque de combustible.....</i>	14
2.5.2	<i>Filtro de combustible</i>	14
2.5.3	<i>Regulador de presión de combustible</i>	15
2.5.4	<i>Líneas de combustible</i>	15
2.5.5	<i>Riel de inyectores</i>	15
2.6	<i>Sistema de Admisión.</i>	16
2.6.1	<i>Múltiple de admisión.....</i>	16
2.6.2	<i>Filtro de aire.</i>	16
2.7	<i>Optimización de la energía mediante sistema de sobrealimentación turbo, en función del estado actual del arte.</i>	16
2.7.1	<i>Historia de los sistemas de sobrealimentación.....</i>	17
2.7.2	<i>Tipos de sistemas de sobrealimentación.....</i>	17
2.7.3	<i>Partes que conforman el sistema de sobrealimentación.....</i>	19
2.7.4	<i>Característica innovadoras del presente proyecto de investigación, sistema de sobrealimentación de carga parcial.</i>	19
2.7.5	<i>Lubricación del turbocompresor.</i>	20

3. ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN

3.1	<i>Parámetros técnicos en consideración para la selección del turbocompresor.....</i>	21
3.1.1	<i>Datos técnicos del motor 20R (Toyota Célida).....</i>	21
3.1.2	<i>Análisis del rendimiento de un turbocompresor de acuerdo al mapa.</i>	27
3.1.3	<i>Turbocompresor seleccionado.....</i>	28
3.2	<i>Diseño del múltiple de escape.....</i>	30
3.2.1	<i>Diseño del header en solidworks.....</i>	31
3.2.2	<i>Diseño de la platina del header.....</i>	31
3.2.4	<i>Diseño de la cámara de expansión.....</i>	32
3.2.5	<i>Diseño final del header.....</i>	33

3.2.6	<i>Simulación del flujo de los gases de escape del header.</i>	33
3.2.7	<i>Cálculo del caudal volumétrico de los gases de escape.</i>	34
3.2.8	<i>Estudio térmico en el header.</i>	36
3.3	Montaje del header.	36
3.3.1	<i>Junta del header.</i>	36
3.3.2	<i>Montaje del header.</i>	37
3.4	Montaje del turbocompresor.	37
3.4.1	<i>Turbocompresor.</i>	37
3.4.2	<i>Montaje de la brida de escape.</i>	38
3.5	Lubricación y refrigeración del turbocompresor.	38
3.5.1	<i>Lubricación.</i>	38
3.5.2	<i>Refrigeración.</i>	38
3.6	Montaje de los conductos de aire presurizado.	38
3.6.1	<i>Filtro de aire.</i>	38
3.6.2	<i>Intercooler.</i>	38
3.6.3	<i>Abrazaderas.</i>	39
3.7	Ubicación de la blow-off (válvula de alivio).	39

4. ADAPTACIÓN DEL SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

4.1	Vista general del Funcionamiento del carburador.	40
4.1.1	<i>Características del carburador.</i>	40
4.2	Ventajas de la inyección electrónica de combustible.	41
4.3	Datos de consumo de combustible a carburador.	42
4.3.1	<i>Consumo de combustible.</i>	42
4.3.2	<i>Consumo específico de combustible. Es la relación del consumo de combustible en una hora por la potencia efectiva.</i>	42
4.3.3	<i>Consumo de combustible por hora.</i>	43
4.4	Selección de elementos para la modificación.	44
4.5	Ubicación y montaje.	48
4.6	Calibración de los distintos sensores.	53
4.7	Programación de la ECU.	59
4.8	Realización de la cartografía adecuada para nuestro motor, puesta a punto.	61

5. PRUEBAS Y FASE EXPERIMENTAL

5.1	Análisis e interpretación de resultados.....	65
5.1.1	<i>Pruebas en ralentí.</i>	65
5.1.2	<i>Pruebas a 2500 RPM.</i>	68
5.1.3	<i>Pruebas a 4800 RPM.</i>	659
5.1.4	<i>Pruebas de distancia con respecto a un tiempo determinado.</i>	70
5.1.5	<i>Pruebas de consumo de combustible.</i>	72
5.1.6	<i>Análisis de gases, rango de 0-1500 RPM.</i>	74
5.1.7	<i>Análisis de gases, rango de 1500-3000 RPM.</i>	76

6. ANALISIS DE COSTOS

6.1	Detalle de costos directos.....	76
6.2	Detalle de costos indirectos.....	77
6.3	Costos totales.	77
6.4	Análisis costo beneficio.	77
6.5	Flujo de caja.	78
6.6	Calculo del VAN.....	78
6.7	Calculo del TIR.	79

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	Conclusiones.	80
7.2	Recomendaciones.....	81

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Características del motor 20R Toyota	21
2 Características del turbocompresor GT2052	29
3 Factores BSFC	47
4 Modelos de bobinas	48
5 Voltajes obtenidos a 850 rpm del sensor MAF.	66
6 Resultados obtenidos en ralentí.	66
7 Voltajes obtenidos a 2500 rpm del sensor MAF	67
8 Resultados obtenidos a 2500 RPM	68
9 Voltajes obtenidos a 4800 rpm del sensor MAF	69
10 Resultados obtenidos a 4800 RPM	69
11 Distancias recorridas en un tiempo determinado.	70
12 Resultados obtenidos distancia en función del tiempo.	71
13 Cantidad de combustible consumido en una distancia de cien kilómetros.....	71
14 Resultados del consumo de combustible.	72
15 Pruebas a carburador de 0-1500 RPM	73
16 Pruebas con el sistema de 0-1500 RPM	73
17 Resultados obtenidos en el análisis de gases, rango de 0-1500 RPM	73
18 Pruebas a carburador de 1500-3000 RPM	74
19 Pruebas con el sistema de 1500-3000 RPM	75
20 Resultados obtenidos en el análisis de gases, rango de 1500-3000 RPM	75
21 Costos directos.....	76
22 Costos indirectos.....	77
23 Total de costos	77
24 Relación costo-beneficio.	77
25 Benéfico por kilómetros recorridos	77
26 Flujo de caja.....	78
27 Calculo VAN	78
28 Calculo TIR	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Sistema de inyección electrónica.....	5
2 Forma de onda (CKP tipo inductivo)	8
3 Forma de onda (CKP de tipo efecto hall)	8
4 Forma de onda (MAF)	9
5 Forma de onda (MAP tipo analógico)	9
6 Forma de onda (MAP tipo digital)	10
7 Forma de onda (IAT)	10
8 Forma de onda (ECT)	11
9 Forma de onda (TPS).....	11
10 Forma de onda (O2).....	12
11 Mapa de un turbo compresor	28
12 Mapa del turbocompresor seleccionado	28
13 Curva de variación de presión del turbocompresor GT2052.....	29
14 Turbocompresor GT2052	30
15 Dimensiones del turbocompresor GT2052	30
16 Diseño de la platina del header.....	31
17 Diseño de caños del header	32
18 Cámara de expansión del header	33
19 Diseño final del header	33
20 Simulación de flujo de gases en solidworks	34
21 Resultados obtenidos de la simulación	35
22 Velocidad del flujo de gases	35
23 Estudio térmico del header	36
24 Temperatura de los gases de escape	36
25 Junta del colector de escape.....	37
26 Montaje del turbocompresor.....	37
27 Montaje de la brida de escape.....	38
28 Conductos de aire presurizado.....	39
29 Ubicación de la válvula de alivio (Blow-off)	39
30 Diseño del header de admisión.	44
31 Simulación de flujo de aire en el header.....	45
32 Resultados de la simulación.	45
33 Velocidad de flujo de aire.....	45
34 Estudio térmico del header de admisión.....	46
35 Temperatura del aire en el header.....	46
36 Múltiple de admisión.	48
37 Múltiple de admisión ubicado en el cabezote.....	49
38 Ubicación de los inyectores en el riel de inyectores.....	50
39 Bomba de combustible	51

40	Montaje del sensor TPS	52
41	Montaje del Sensor IAT.	52
42	Montaje del sensor ECT	53
43	Ventana de configuración principal.....	54
44	Menú de configuración de triggers	54
45	Menú configuración de inyección.	55
46	Menú configuración ignición.....	56
47	Menú opciones avanzadas.	56
48	Calibración del sensor TPS.....	57
49	Calibración de los sensores ECT e IAT.	57
50	Calibración del sensor de oxígeno de banda ancha	58
51	Salida de tacómetro y luz de cambio de marcha.....	58
52	Mapa base de combustible.....	60
53	Mapa base de ignición.	60
54	Cartografía de inyección.....	61
55	Cartografía de la temperatura del refrigerante.....	61
56	Cartografía de la presión en el múltiple.....	62
57	Cartografía de la temperatura de aire.	62
58	Cartografía de Ignición.	63
59	Cartografía de temperatura del refrigerante.....	63
60	Cartografía de la temperatura de aire.	64

LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Engine Control Unit (Unidad de Control del Motor)
USB	Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie)
RPM	Revoluciones por Minuto
VE	Volumetric Efficiency (Eficiencia Volumétrica)
CAN	Controller Área Network (Red de Área Local)
CKP	Crankshaft Position Sensor (Sensor de Posición del Cigüeñal)
MAF	Mass Air Flow (Sensor de Masa de Flujo de Aire)
MAP	Manifold Absolute Pressure (Sensor de Presión Absoluta del Múltiple)
IAT	Intake Air Temperature (Sensor de Temperatura de Aire)
ECT	Engine Coolant Temperature
TPS	Throttle Position Sensor (Sensor de Posición del Acelerador)
O ₂	Sensor de Oxígeno
UCE	Unidad de Control Electrónico
CFM	Flujo de entrada de aire másico en el motor
DIS	Direct Ignition System (Sistema de Encendido sin Distribuidor)
BTDC	Before Top Dead Center (Antes del Punto Muerto Superior)
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

RESUMEN

El propósito de este trabajo es demostrar que mediante la implementación de sistemas de sobrealimentación controlados electrónicamente, en motores de combustión interna se puede lograr un incremento significativo de la eficiencia volumétrica y de esta manera aumentar el torque y la potencia del motor. Se inicia con la selección de los componentes adecuados para la instalación del sistema de sobrealimentación (turbo) con la ayuda de los catálogos del fabricante para posteriormente continuar con la modelación y simulación de elementos del sistema, empleando software (Solidwok) para su posterior elaboración, montaje y pruebas de los mismos. Realizando diferentes pruebas para la obtención de datos los cuales se analizaran mediante una herramienta estadística (T-Student) la cual permitirá comparar los diferentes parámetros de funcionamiento del motor (Consumo de combustible, flujo de aire que ingresa al motor y aceleración del vehículo), antes y después de la instalación del sistema. La implementación de este tipo de sistemas permite una reducción significativa en las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera, de esta forma contribuye con el cuidado y protección del medio ambiente, también esto significa una reducción de consumo de combustible. Los resultados de la pruebas de análisis de gases arrojan resultados satisfactorios basados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN (Análisis de gases) así como el consumo de combustible disminuye. Además en las pruebas realizadas en el vehículo se notó un aumento en la aceleración del mismo.

PALABRAS CLAVE: <VOLUMÉTRICA>, <MAQUINAS Y HERRAMIENTAS>, <ANÁLISIS DE RESULTADOS (SPSS)>, <DISEÑO Y MODELACIÓN (SOLIDWORKS)>, <CARTOGRAFÍA (HALTECH)>, <SOBREALIMENTACIÓN>, <ANÁLISIS DE EMISIONES (NTE INEN 2 204)>, <ELECTRÓNICA PROGRAMABLE>

SUMMARY

The purpose of this work is to demonstrate by implementing electronically controlled supercharging systems in internal combustion engines that a significant increase in volumetric efficiency can be achieved and thus increase engine torque and power. It begins with the selection of the appropriate components for the installation of the supercharging system (turbo) with the help of the manufacturer's catalogs and then continue with the modeling and simulation of elements of the system using software (Solidwoks) for further elaboration, assembly and testing them. Different tests have been Carried out in order to obtain data which will be analyzed by means of a statistical tool (T-Student) that will allow to compare the different parameters of operation of the engine (Fuel consumption, flow of air entering the engine and acceleration of the vehicle), Before and after the installation of the system. The implementation of these types of systems allows a significant reduction in emissions of polluting gases to the atmosphere, thus contributing to the care and protection of the environment, this also means a reduction of fuel consumption. The results of the gas analysis tests yield satisfactory results based on the NTE INEN (Gas Analysis) Technical Standard as well as the fuel consumption decreases. In addition in the tests carried out on the vehicle an increase in acceleration was noticed.

KEYWORDS: <VOLUME>, <MACHINES AND TOOLS>, <RESULTS ANALYSIS (SPSS)>, <SOLIDWORKS>, <CARTOGRAPHY>, <SUPPLY>, <EMISSIONS ANALYSIS (NTE INEN 2 204)>, <PROGRAMMABLE ELECTRONICS>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los sistemas de sobrealimentación han sido tradicionalmente empleados en los motores de combustión interna diésel para mejorar su desempeño. Estos sistemas han permitido obtener más potencia en motores cada vez de menor cilindrada; también, se mejora el torque y el freno motor, ya que este sistema cuando aún no logra vencer la inercia de la turbina actúa como una restricción en el escape lo que permite una mejor auto desaceleración cuando dejamos de oprimir el pedal del acelerador.

En la historia de la Facultad de Mecánica se ha investigado poco sobre este tema, así tenemos el trabajo que a continuación mencionamos.

Montaje de un turbocompresor y un sistema de inyección electrónica programable a un motor de combustión interna de gasolina, para aumentar su rendimiento.

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación técnica. La tendencia de los fabricantes de vehículos en la actualidad se inclinan a la producción de motores más pequeños que generen gran potencia esto la han conseguido aplicando algunos mecanismos sofisticados para mejorar su eficiencia volumétrica y de esta manera conseguir más potencia, con la implementación de este sistema pretendemos conseguir los mismos resultados mediante el sistema de sobrealimentación ya que como bien sabemos mientras más cantidad de aire podamos introducir en los cilindros del motor mayor cantidad de combustible podremos quemar y de esta manera tener potencia y torque proporcional a la presión de sobrealimentación que nos imponamos.

Cada vez se trata de obtener al santo grial de la termodinámica, lo que se le conoce como el motor adiabático algunas compañías han probado diversos sistemas como el caso de Mazda con el Skyactive, el desarrollo de los motores Wankel y Ford con su sistema Eco Boost con la finalidad de tener la mayor potencia y el menor consumo posible de combustible.

En los últimos años los fabricantes de la línea automotriz se han preocupado del cuidado y protección del planeta por el efecto invernadero, disminuyendo la cantidad de emisiones de gases tóxicos producto de la combustión que se genera en el interior de un motor de combustión interna, optan por la sobrealimentación. Hace poco tiempo estuvieron en auge los vehículos híbridos, estos vehículos por lo general tenían un motor de combustión interna y además motores eléctricos alimentados por baterías de litio, pero estos tenían un inconveniente, sus baterías poseen un peso considerable; además, están compuestas por más de 600 celdas de litio y cuando esta batería cumpla su vida útil se estima que puede contaminar 100 000 litros de agua. Entonces tampoco desde el punto medio ambiental no eran muy amigables con el planeta. Por lo tanto los vehículos híbridos no dejaron de depender en un ciento por ciento de los combustibles fósiles o de los biocombustibles.

1.2.1 Justificación económica. Con la presente investigación se pretende que un motor tenga gran potencia cuando se lo requiera en función al porcentaje de aceleración,

además ser económico cuando circule por la ciudad debido a la baja velocidad, de este modo el vehículo sea rentable por el bajo consumo de combustible y amigable con el ambiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Incrementar la eficiencia volumétrica en un motor de combustión interna mediante la implementación de un sistema de sobrealimentación turbo gobernado por una ECU programable.

1.3.2 *Objetivos específicos:* Aplicar adecuadamente las diferentes herramientas de investigación de acuerdo al estado actual del arte en lo referente a sistemas de inyección electrónica programables y sobrealimentación, con la finalidad de conocer y entender los principios de funcionamiento de los mismos.

Montar el sistema de sobrealimentación de acuerdo con los parámetros establecidos.

Instalar el sistema de inyección electrónica programable.

Realizar distintas pruebas al vehículo en condiciones de altitud mayores a los 2500 m.s.n.m.

Realizar un análisis de costo beneficio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción a los sistemas de inyección de acuerdo al estado actual del arte.

Los vehículos modernos cada día incorporan más componentes electrónicos. Como consecuencia, también se ha aumentado el número de sensores. Estos sensores actúan como los “órganos sensitivos” de un vehículo, registrando un amplio espectro de señales esenciales. Evidentemente, los conductores de hoy no quieren prescindir de los beneficios que estos sistemas proporcionan: calidad, seguridad y confort. (Bosch)

2.1.1 *Evolución de los sistemas de inyección a través de la historia “K- Jetronic”.*
Es un sistema que funciona mecánicamente, el combustible se dosifica de forma continua en función del volumen del aire aspirado por el motor (*Bosch*).

KE-Jetronic. Es un sistema de inyección mecánico-electrónico basado en el K-Jetronic. Un sistema electrónico adicional, registra una serie de magnitudes de medición en el motor, y permite así la optimización de la inyección de combustible y de la mejor calidad de los gases de escape. (Bosch)

L-Jetronic. El L-Jetronic es un sistema de inyección controlado electrónicamente con medición del caudal de aire según el principio de aleta sonda, e inyección de combustible controlada electromagnéticamente en el tubo de aspiración. A través de una serie de sensores se registran todas las variaciones en el funcionamiento del motor y se procesan en la unidad de mando. (Bosch)

LE-Jetronic El sistema LE-Jetronic es comandado electrónicamente y pulveriza el combustible en el múltiple de admisión. Su función es suministrar el volumen exacto para los distintos regímenes de revoluciones en base a la unidad de mando, esta recibe

varias señales de entrada, que llegan de los distintos sensores que envían información de las condiciones actuales del funcionamiento del motor. (Bosch)

LH-Jetronic. Es muy similar al L-Jetronic. La diferencia está en el registro de la carga del motor, que se realiza en este caso a través del medidor de masa de aire de hilo caliente. Este mide la masa de aire aspirada por el motor. Con ello, la variación en la densidad del aire no influye en la medición. (Bosch)

Mono-Jetronic. Es un sistema de inyección central controlado electrónicamente, una válvula de inyección electromagnética inyecta el combustible para todos los cilindros en un punto central encima de la mariposa. El registro de la carga de motor se realiza de forma alfanumérica. (Bosch)

Motronic. Combina un sistema de inyección y un sistema de encendido para la gestión de control del motor. La dosificación de combustible y el encendido se optimizan para un trabajo conjunto. La integración de otras funciones electrónicas puede realizarse de forma óptima. Gracias al procesamiento digital de los datos y a la utilización de microprocesadores, es posible transformar una gran cantidad de datos de servicio en datos de inyección y de encendido, controlados por campos de curvas características. (Bosch)

Mono Motronic. Utiliza una sola válvula para todos los cilindros. La válvula está instalada en el cuerpo de la mariposa (pieza parecida a la de un carburador). El cuerpo de la mariposa integra otros componentes que en el sistema Motronic están en diferentes puntos del vehículo. (Bosch)

Motronic ME con EGAS (Acelerador Electrónico). La función principal del control del motor es el ajuste del torque del motor deseado por el conductor, con el mejor consumo de combustible y las menores emisiones. El sistema de gestión de control del motor ME-Motronic reúne todos los parámetros necesarios para ello: el acelerador electrónico (EGAS) ajusta el aire necesario para la generación de ese torque. (Bosch)

Flex Fuel. Es un sistema capaz de reconocer y adaptar, automáticamente, las funciones de administración del motor para cualquier proporción de mezcla de alcohol y de

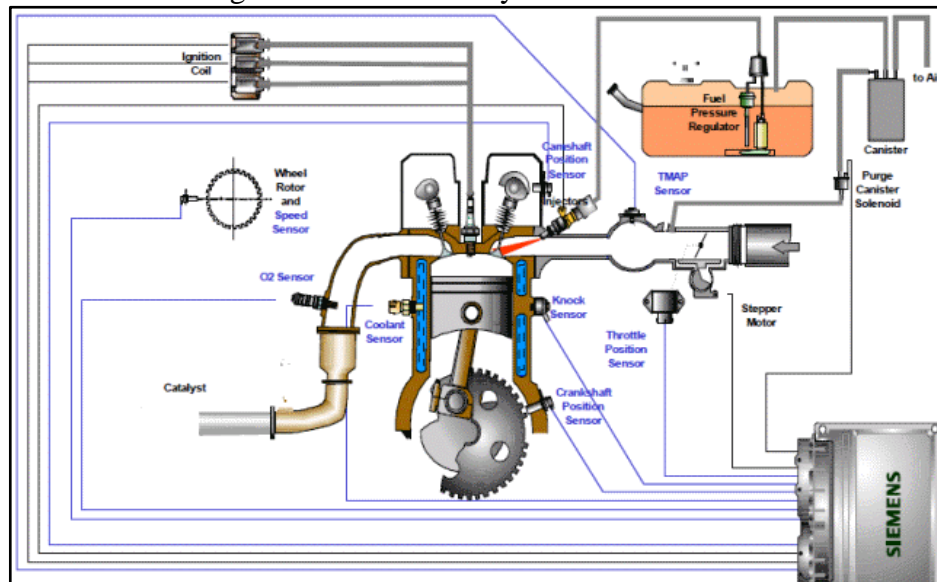
gasolina que esté en el tanque. La identificación de la mezcla se hace por el sensor de oxígeno (sonda lambda). (Bosch)

Trifuel. Sistema digital multipunto de inyección electrónica, posibilita el uso de Gas Natural Comprimido (GNC), gasolina, alcohol o cualquier mezcla de estos dos últimos combustibles en el mismo vehículo. La presencia de un turbocompresor en el sistema ayuda en el aprovechamiento de las distintas características de los tres combustibles. (Bosch)

2.1.2 *Funcionamiento del sistema de inyección.* La función del sistema de inyección es suministrar una mezcla combustible de aire y combustible al motor (Hall, 2007).

El sistema de inyección electrónica controlada electrónicamente, puede registrar la cantidad discrecional de datos de servicio, en cualquier lugar del vehículo para su posterior conversión en señales eléctricas mediante sensores. Estas señales se hacen llegar a la unidad de control, la cual procesa y calcula inmediatamente el caudal de combustible a inyectar, cuyo valor depende de la duración de la inyección. (Paz, 2010)

Figura 1. Sistema de inyección electrónica.



Fuente: <http://autodaewoospark.com/principio-funcionamiento-sistema-inyeccion-electronico-cherly.php>

2.1.3 *Tipos de sistemas de inyección:*

- Según el lugar donde inyectan: Inyección directa, inyección indirecta.
 - Según el número de inyectores: mono-punto, multipunto.
 - Según el tipo de inyección: Inyección por el cuerpo de aceleración (TBI), inyección por puerto múltiple.
 - Según el número de inyecciones: Secuencial, semi-secuencial, simultánea.
 - Por sus características de funcionamiento: Mecánica, electromecánica, electrónica.
- (Cuautle, 2006)

2.1.4 *Unidad de control electrónico.* En la inyección electrónica de combustible se utiliza una diversa cantidad de actuadores y sensores que proporcionan información a la unidad de control electrónico (ECU, ECM, UCE, PCM), con el fin de controlar la inyección de combustible. (Santander, 2006)

El resultado final de la gestión de la ECU es la determinación del tiempo e instante de la inyección y el salto de chispa de encendido. (Santander, 2006)

2.2 **Sistema programable de inyección**

2.2.1 *Generalidades.* Este tipo de unidades especiales se requieren en caso de modificaciones físicas que se puedan realizar a un motor de combustión interna, como puede ser aumento en la relación de compresión, remplazo de colectores de admisión y escape, uso de colectores variables, adaptaciones de barras de levas o el uso de sistemas de sobrealimentación.

En este tipo de casos el motor ha variado su eficiencia volumétrica, por lo tanto las tablas de cálculo que fueron grabadas en la computadora de serie, no se encuentran acorde a los requerimientos del motor.

Es necesario remplazar la ECU de serie por una ECU programable, ya que en esta podemos calibrar el ancho de pulso de inyección y el avance de encendido de acuerdo a

las necesidades del motor previamente modificado. De esta forma aprovechar su rendimiento en función de su aplicación.

2.2.2 ECU programable HALTECH sprint 500. Esta es una ECU de nivel de entrada que ofrece una gran relación calidad-precio, junto con muchas características disponibles en el ECU más avanzada. (Haltech)

Características:

- Software compatible con Windows 2000, XP, Windows Vista
- Programación en tiempo real
- Tablas de mapeo 16x16
- Afinación través de eficiencia volumétrica (VE), tiempo de inyección
- Disponible MAP interno nominal a 150 kPa
- USB y puerto de comunicación CAN
- Salidas programables por el usuario

Aplicaciones Típicas:

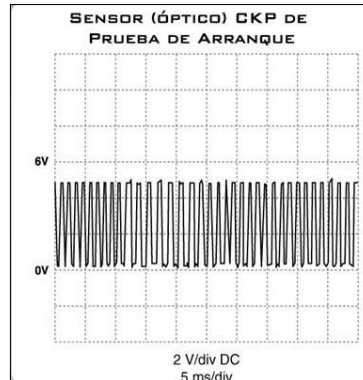
- Motores de 1 a 8 cilindros.
- Aspiración normal o sobrealimentada
- Carga por posición del acelerador o la presión del múltiple (MAP)
- Modalidades de inyección multipunto secuencial y semi-secuencial
- Sistemas de encendido por distribuidor o sistemas multi-bobina

2.3 Sensores, funcionamiento y curvas características.

2.3.1 Sensor de posición de cigüeñal (CKP). Se encuentra ubicado en la parte baja del motor en posición al cigüeñal, mediante este sensor la computadora “se entera” del régimen de giro del motor y hace los ajustes en el encendido y el combustible. (Cuautle, 2006)

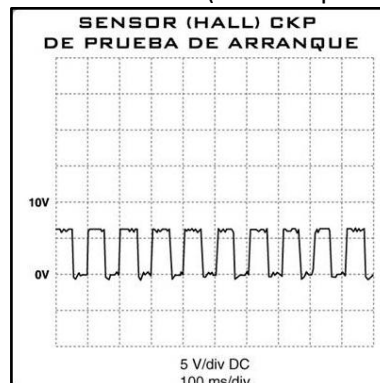
2.3.2 Tipos. Efecto hall, arroja una señal cuadrada y tipo magnético, arroja una señal senoidal.

Figura 2. Forma de onda (CKP tipo inductivo)



Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/crankshaft-position-sensor-sensor-de.html>

Figura 3. Forma de onda (CKP de tipo efecto hall)

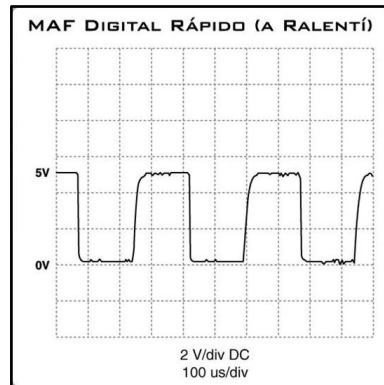


Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/crankshaft-position-sensor-sensor-de.html>

2.3.3 Sensor de Masa de aire (MAF). Ubicado entre el filtro del aire y de la mariposa del acelerador, este sensor envía al ECU una señal de voltaje análoga, misma que es proporcional al peso (masa molecular) masa molecular que ingresa al motor.

El voltaje o frecuencia se incrementa cuando es mayor la cantidad de aire que ingresa al motor. La computadora usa básicamente esta señal para controlar el envío de combustible y el tiempo de ignición. (Cuautle, 2006)

Figura 4. Forma de onda (MAF)



Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/sensor-maf.html>

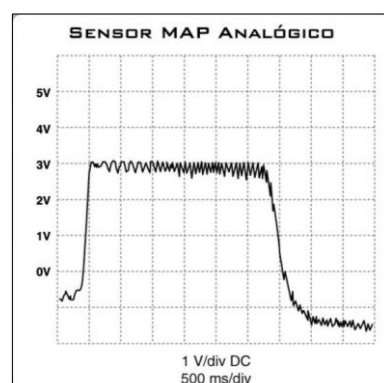
2.3.4 Sensor de presión absoluta en el múltiple (MAP). Ubicado en el múltiple de admisión, este sensor tiene una referencia sellada por un lado y por el otro debe conectarse a una manguera de vacío del múltiple de admisión.

Este manda una señal aproximada de 0.5 voltios en marcha mínima y de 4.7 voltios en estado de no vacío.

La computadora utiliza la señal del MAP para controlar el suministro de gasolina y para controlar el tiempo de la inyección, de este modo se encarga de controlar el ancho de pulso del inyector, es decir el tiempo q permanece abierto.

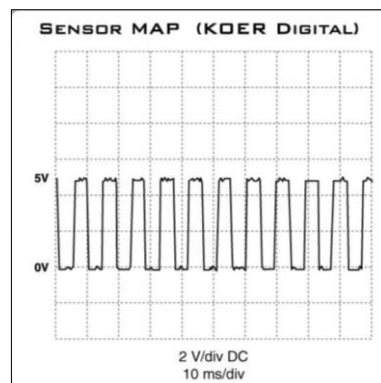
Además cuando el voltaje que recibe es bajo por que el vacío del motor aumenta, la ECU adelanta el tiempo de inyección de combustible así como el tiempo de encendido. (Cuautle, 2006)

Figura 5. Forma de onda (MAP tipo analógico)



Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/sensor-map.html>

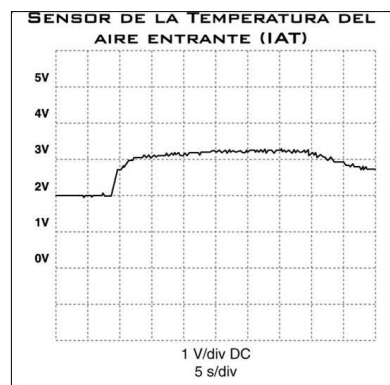
Figura 6. Forma de onda (MAP tipo digital)



Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/sensor-map.html>

2.3.5 *Sensor de temperatura de aire (IAT).* Ubicado en el filtro de aire o fuera del antes del cuerpo de aceleración, su función es medir la temperatura del aire que ingresa al motor, para controlar el enriquecimiento de la mezcla de combustible, en especial en el encendido en frío. (Cuautle, 2006)

Figura 7. Forma de onda (IAT)

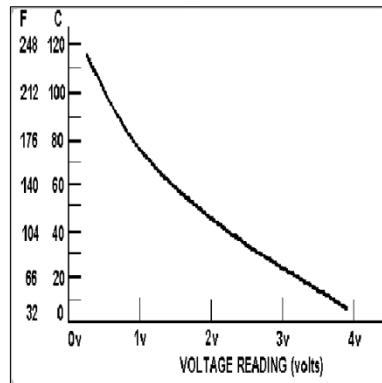


Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/sensor-iat.html>

2.3.6 *Sensor de temperatura de refrigerante (ECT).* Ubicado en la brida de salida del refrigerante antes de la válvula termostática, es una resistencia variable térmica, la mayoría de estos sensores son de coeficiente negativo de temperatura, el cual disminuye su resistencia cuando la temperatura del motor aumenta.

Además cuando el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento gracias a la señal que envía este la ECU, se activa (Cuautle, 2006)

Figura 8. Forma de onda (ECT)

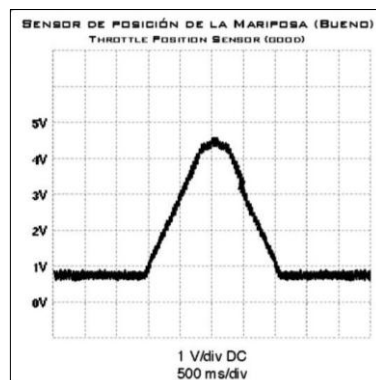


Fuente: <http://www.fuelinjectedford.com/images/temperature.gif>

2.3.7 Sensor de posición del acelerador (TPS). Ubicado en el cuerpo de aceleración, es un potenciómetro que manda una señal variable de voltaje, proporcional a la apertura de la garganta del cuerpo de aceleración.

El TPS verifica el movimiento del pedal de aceleración, opera con una señal de 5 voltios: la señal de voltaje es baja cuando la garganta está cerrada; y el voltaje se incrementa a medida que aumenta la apertura de la garganta puede llegar a 4.5 voltios con la garganta totalmente abierta. Esta señal usa la ECM básicamente para enviar gasolina y controlar el avance del tiempo de encendido. (Cuautle, 2006)

Figura 9. Forma de onda (TPS)



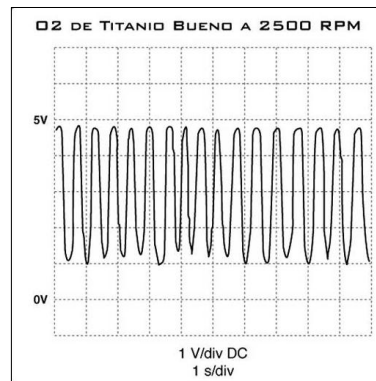
Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/sensor-tps.html>

2.3.8 Sensor de oxígeno (O_2). Localizado en el escape, es un dispositivo capaz de producir voltajes de acuerdo a la cantidad de oxígeno presente en el ambiente de

medición, este opera desde los 600 grados Fahrenheit en adelante. Para que estos operen con el motor en frío por lo general tienen incorporados una resistencia de calefacción que en 8 segundos alcanza la temperatura de funcionamiento.

Monitorea la mezcla aire combustible en una escala de 5 a 0 voltios, donde 0 voltios representa un (AFR de 10:1) que representa una mezcla demasiado rica y 5 voltios representa un (AFR de 20:1) que representa una mezcla demasiado pobre, de esta manera la ECU tiene en tiempo real el AFR en tiempo real y ordena a la inyección hacer las correcciones necesarias para mantener la relación aire-combustible óptima. (Cuautle, 2006)

Figura 10. Forma de onda (O2)



Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/o2-sensor.html>

2.4 Actuadores, tipos y funcionamiento.

2.4.1 Relé. La función que desempeña es controlar grades consumos de corrientes, haciendo que pase el circuito de condición abierta a condición cerrada.

En el sistema de inyección electrónica es necesario el relé para la alimentación de corriente de los distintos actuadores y sensores del mismo. La ECU puede controlar a estos mediante una pequeña corriente de inducción por lo general este dispositivo se localiza cerca de la caja de fusibles del automóvil. (Cuautle, 2006)

2.4.2 Bomba de combustible. Suele estar ubicada en el interior del depósito de combustible o en el exterior, aunque la mayoría vehículos modernos emplean el sistema de bomba sumergida.

La finalidad de este actuador del sistema de inyección electrónica es suministrar el caudal necesario de combustible para el funcionamiento de los inyectores, la presión del sistema de combustible por lo general es regulado por un dispositivo ubicado en la rampa de inyectores. (Cuautle, 2006)

2.4.3 Inyector. Suelen estar ubicados en el colector de admisión en la cámara de combustión o antes de la mariposa de aceleración, los inyectores son electroválvulas las cuales dosifican la cantidad necesaria de combustible de acuerdo a los requerimientos del motor. (Cuautle, 2006)

Tipos:

Inyectores de orificios para motores de inyección directa.

Inyectores de tetón para motores con pre cámara de combustión y cámara de turbulencia.

2.4.4 Bobina. La función esencial consiste en crear la alta tensión que salta en la bujía del cilindro entre los electrodos medios y de masa y genera la chispa de encendido. (NKG)

Las bobinas reciben corriente de la batería del vehículo a través de la conexión de baja tensión y la multiplican, dependiendo del tipo, hasta 45 kilovoltios. En función del tipo de vehículo y de los requisitos del fabricante de automóviles se utilizan diferentes tecnologías de bobinas de encendido. (NKG)

Tipos:

Bobinas de cartucho.

Bobinas de distribuidor.

Bobinas en bloque.

Bobinas tipo lápiz.

Sistemas de bobinas.

2.4.5 *Electro-ventilador.* Esta constituido por un conjunto de aspas acoplados a un motor eléctrico pudiendo ser de una o dos velocidades.

Funciona a 12 o 24 voltios, la corriente de consumo es variable de acuerdo a la potencia del motor eléctrico pueden estar situados en la parte delantera o trasera del radiador todo depende del sentido de giro del mismo intercambiando su polaridad se puede cambiar el sentido del mismo.

Para su instalación eléctrica se debe seguir el diseño eléctrico del fabricante que por lo general la activación del electro-ventilador se lo hace por medio de un termo contacto que excita a un relé, modulo electrónico y por la propia U.C.E. (Unidad de Control Electrónico). (Autok, 2015)

2.5 Circuito de combustible.

El sistema de alimentación de combustible tiene como función suministrar la cantidad necesaria de combustible, cumpliendo normas de presiones y seguridad en base a las prestaciones del motor.

2.5.1 *Tanque de combustible.* Es un recipiente de almacenamiento de combustible, este puede ser gasolina, diesel, etc., El cuerpo principal es un tanque de metal se realiza por soldadura o soldadura de dos piezas formadas de chapa metálica juntos. La ubicación del depósito de combustible debe estar en un área que está protegida contra los escombros que vuelan, protegido de daños por colisión, y uno que no está sujeto a tocar fondo. (Hall, 2007)

2.5.2 *Filtro de combustible.* Elimina los contaminantes en los combustibles, los filtros de combustible operan pasando el combustible a través de un medio filtrante poroso. Las aberturas en el material poroso son muy pequeñas, y, por lo tanto, cualquier partícula en el combustible que son lo suficientemente grandes como para causar problemas está bloqueada, también sirve como un cuenco de sedimentos. (Hall, 2007)

2.5.3 Regulador de presión de combustible. Su función es mantener estable la presión de combustible. Para lograrlo, toma un vacío del motor, el cual es conectado en el múltiple de admisión detrás del cuerpo de aceleración.

Unos sistemas cuentan con retorno de combustible, este regulador se aloja al final del riel de inyector, en este caso el regreso de combustible se realiza por medio de tubos hacia el tanque de combustible.

Actualmente existen sistemas donde que el regulador de combustible se encuentra en el tanque de gasolina específicamente en la bomba, también se utilizan reguladores electrónicos que verifican la presión de combustible, y que “informan” a la ECU sobre el aumento o disminución de la misma. (Cuautle, 2006)

2.5.4 Líneas de combustible. Líneas de combustible y mangueras, llevan combustible desde el tanque al motor.

La línea principal de combustible permite que la bomba de combustible para extraer el combustible del tanque. El combustible se tira a través de esta línea para la bomba y luego al carburador, o sección de medición del sistema de inyección

Para la seguridad contra incendios, una línea de combustible debe ser capaz de soportar la vibración constante y grave producida por la superficie del motor y la carretera. Las líneas se colocan lejos de los tubos de escape, silenciadores y colectores, para que el calor excesivo no hará que el bloqueo de vapor.

Mangueras de combustible, hechas de caucho sintético, se utilizan cuando se produce el movimiento severo entre las partes. Una manguera flexible puede absorber el movimiento sin romperse. Se requieren abrazaderas para fijar mangueras de combustible a las líneas de combustible o accesorios de metal. (Hall, 2007)

2.5.5 Riel de inyectores. Es la tubería en la que se alojan los inyectores. En este riel, la presión del combustible puede ser de 30 a 70 psi. Esto depende del tipo de sistema de combustible en el cual se encuentre instalado el riel. (Cuautle, 2006)

2.6 Sistema de Admisión.

2.6.1 Múltiple de admisión. Tiene por objeto repartir uniformemente la mezcla aire gasolina o el aire (inyección) entre los cilindros del motor, mejorar la homogeneidad de la misma, y mantenerla a una temperatura adecuada. (Paz, 2010)

En los sistemas de inyección central TBI, el múltiple conduce la mezcla desde el cuerpo de aceleración hasta los cilindros del motor. (Cuautle, 2006)

2.6.2 Filtro de aire. Es el elemento principal del sistema admisión, ya que retiene las partículas en el aire. Así que el aire que entra en el múltiple de admisión queda lo más limpio posible. (Cuautle, 2006)

El filtro de aire también amortigua el ruido del aire de admisión a través del carburador o el sistema de inyección de combustible, puertos múltiples y válvulas. Este ruido sería muy notable si no fuera por el filtro de aire. Además, el filtro de aire actúa como un supresor de llama en caso de que el motor resulta contraproducente a través del colector de admisión. El filtro de aire evita que la llama se escape y encender vapores de gasolina fuera del motor. (Hall, 2007)

Tipos:

- Filtro húmedo.
- Filtro con baño de aceite
- Filtro de papel o filtro seco.

2.7 Optimización de la energía mediante sistema de sobrealimentación turbo, en función del estado actual del arte.

Los motores están limitados en potencia, par motor y la cantidad de aire que puede ingresar en el cilindro, ya que la energía química en el combustible necesita el oxígeno en el aire para la combustión, mientras que el rendimiento volumétrico limita la cantidad de aire. (Eriksson Lars, 2014)

Para ello los sistemas de sobrealimentación son métodos para aumentar la eficiencia volumétrica del motor forzando el ingreso del aire en la cámara de combustión, en lugar de simplemente permitir que los pistones generen vacío. Los sistemas de sobrealimentación y turbocompresores, en algunos casos, empujará eficiencias volumétricas más de 100 por ciento. (Hall, 2007)

2.7.1 *Historia de los sistemas de sobrealimentación.* A medida que los aviones volaban más alto se detectó un serio problema, los motores perdían demasiada potencia cuando la densidad del aire bajaba debido a la altura que sobrevolaban debido a que a mayor altitud el aire se enrarece teniendo menor concentración de oxígeno, lo que perjudica a la capacidad de quemar combustible que tiene el motor.

Garret fundada en los años 30, patenta el sistema llamado “auto corrector de altura” con un funcionamiento muy sencillo el cual permitía aprovechar los gases de escape de escape del motor y de esa manera meter a presión aire en la admisión. Con lo cual obtener un mejor llenado en los cilindros.

El turbo que conocemos hoy en día tardo varias décadas para ser utilizado en los motores a gasolina, el problema radicaba en controlar la presión y la potencia del coche.

El primer vehículo que implemento este dispositivo fue el BMW 2002 Turbo presentado en el Salón de Frankfurt de 1973, el primer automóvil fabricado en serie con un motor turboalimentado fue el Chevrolet Corvair presentado en 1965. (Periodistamotor, 2007)

Saab 99 Turbo presentado en 1978. Fue el primer automóvil en ganar una carrera del Mundial de Rallys con un motor turbocomprimido, sentando las bases de cómo serían los motores de la categoría reina del Mundial desde entonces. (Hidalgo, 2014)

2.7.2 *Tipos de sistemas de sobrealimentación.* La sobrealimentación se logra mediante la compresión del gas antes ingresar al cilindro, y puede ser implementado por varios métodos.

El turbo compresor. Sistemas de tipo centrífugo, funcionan a través de los gases de escape.

Turbocompresores de geometría fija. Es una bomba de aire diseñada para operar con la energía que normalmente se pierde en los gases de escape del motor. Estos gases impulsan la rueda de turbina (lado escape) que va acoplada a la rueda de compresor (lado admisión). Cuando giran, aportan un gran volumen de aire a presión, aumentando la presión en las cámaras de combustión del motor. (Periodistamotor, 2007)

Turbo compresores de geometría variable. Actualmente son los más utilizados debido a que pueden mantener una carga constante a distintos regímenes de funcionamiento del motor, variando la velocidad de la turbina.

Para variar la velocidad de la turbina este sistema consta de un determinado número de alavés alrededor de la turbina las cuales varían su inclinación, de esta forma variando la velocidad de los gases de escape con solo modificar el ángulo de ataque, en relación al número de revoluciones del motor. Esto hace variar la sección de pase de los gases de escape. (Periodistamotor, 2007)

Compresor volumétrico. Este dispositivo toma energía del cigüeñal, normalmente por una correa dentada o engranes pudiendo alcanzar de 10 000 a 15 000 RPM. Se caracteriza por aumentar la velocidad del aire incrementando la presión atmosférica de esta manera se logra la sobrealimentación. Su principio de funcionamiento se basa en una bomba de engranajes aspirando aire y al forzar su entrada disminuye su volumen (Periodistamotor, 2007)

Compresor comprex. También conocido como cambiador de onda de presión u principio de funcionamiento se basa en transmitir por contacto directo el aire del múltiple de admisión con los gases de escape mediante paredes radiales y un tambor que recibe movimiento del cigüeñal. En este sistema la absorción de potencia del motor es mínima. (Periodistamotor, 2007)

Sistema Biturbo. Son montajes de dos turbos en vehículos de elevadas prestaciones. Los turbos se encuentran en colocados en línea, un turbo centrífugo y otro compresor arrastrado por el motor. El funcionamiento de cada uno de ellos es controlado mediante una mariposa de gases la misma que es controlada por la ECU. (Periodistamotor, 2007)

2.7.3 *Partes que conforman el sistema de sobrealimentación.*

Turbo compresor. El dispositivo está formado por una turbina y un compresor que se encuentran introducidos en sus respectivas caracolas de forma opuesta unidas por un eje común. Este convierte la energía de los gases en movimiento, del otro lado dicho movimiento es aprovechado para presurizar el aire, considerándose a este como generador de torque. (Periodistamotor, 2007)

Las carcasas tienen forma de caracol para aumentar la velocidad de los gases de escape haciéndolos incidir con mayor fuerza sobre sus alabes. (Periodistamotor, 2007)

Wastegate. Esta válvula está ubicada en derivación (by-pass) con el caño de escape. Está constituida por una membrana encapsulada la cual es presionada por un muelle el cual determina la presión de soplado. (Periodistamotor, 2007)

Intercooler. Es un radiador o intercambiador de calor por donde fluye el aire caliente de la salida del compresor hacia la entrada del múltiple de admisión. Este generalmente realiza el intercambio de calor con el aire del ambiente cuando el vehículo se encuentra en marcha. La utilización del dispositivo reduce la temperatura del aire de admisión de los motores sobrealimentados con lo cual se logra aumentar la densidad del aire, mejora la potencia, disminuye el consumo y las emisiones contaminantes. (Periodistamotor, 2007)

2.7.4 *Característica innovadoras del presente proyecto de investigación, sistema de sobrealimentación de carga parcial.* Ecoboost Ford. Motores pequeños con un consumo más eficiente de combustible motores 2.0 litros de cuatro cilindros que desarrollan 240 hp

Lograr mediante el aligeramiento de piezas el uso de la inyección directa a cámara lo que les permite alcanzar mayor relación de compresión y además el mejoramiento de la eficiencia volumétrica con el uso de la distribución variable y la sobrealimentación.

Con esto se logra mayor potencia, menor consumo y reducción de las emisiones contaminantes. Ecoboost está fabricando motores con tres cilindros de 1 litro con 125 hp gracias a las mejoras del sistema además están incorporando colectores de escape que están en el mismo cabezote sistema de recirculación de refrigerante para el mejorar el consumo en el encendido en frío banda de distribución sumergida en aceite para reducir la fricción y bomba de lubricación de caudal variable. (Ford, 2009)

Skyactive Mazda. Mejoran un 15% de ahorro de combustible y disminuyen un 15% el consumo de combustible, aumentan la relación de compresión de la cámara y la refrigeran con el uso de la inyección directa para evitar las detonaciones, también incorporan una cavidad en la cabeza del pistón que mejora la eficiencia de la combustión.

Uso de sistemas más largos de escape llamados cabezales para mejorar la eficiencia volumétrica.

Reducción de la fricción dentro del motor en un 30%, para esto mejoraron la eficiencia de bombeo del combustible, la eficiencia de bombeo del refrigerante, la respiración de aire fresco hacia el motor y redujeron la fricción entre elementos móviles del motor como pistones, cigüeñal y el tren de válvulas. (Mazda, 2011)

2.7.5 Lubricación del turbocompresor. La lubricación para el turbocompresor nos permite proteger el eje del turbo y los cojinetes de los daños. Un turbocompresor puede operar a velocidades de hasta 100.000 rpm. Por esta razón, el aceite de lubricación del motor es suministrado a los conductos de aceite los cuales se ubican en la carcasa del turbo y los cojinetes y una línea de suministro de aceite se extiende desde el motor hasta el turbocompresor. Con el motor en marcha, el aceite entra en el turbocompresor bajo presión. Una línea de paso de drenaje y desagüe permite que el aceite retorne al cárter del motor después de pasar a través de los cojinetes de turbo.

CAPÍTULO III

3. ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN

3.1 Parámetros técnicos en consideración para la selección del turbocompresor.

3.1.1 *Datos técnicos del motor 20R (Toyota Célida).*

Tabla 1. Características del motor 20R Toyota

Marca	Toyota
Modelo	Célida
Orden de encendido	1-3-4-2
Tipo de combustible	Gasolina
Posición de cilindros	4 en línea
Distribución	SOHC 8 válvulas
Carrera	87.96 mm
Diámetro	89 mm
Cilindrada	2185 cc
Relación de Compresión	8.4:1
Potencia nominal	96 hp / 4800 rpm
Torque máximo	162 Nm / 2800 rpm

Cálculo y análisis de la relación de presión. Se define como la presión de salida absoluta por la presión de entrada absoluta. (Honeywell, 2015)

$$\Pi_c = \frac{P_{2c}}{P_{1c}}$$

Dónde:

P_c = Relación de presión.

P_{2c} = Presión de descarga del compresor, en bar.

P_{1c} = Presión de entrada al compresor, en bar.

Se selecciona una presión de sobrecarga de 0,5 bar, teniendo en cuenta que nuestro motor es rectangular y consta con una sola válvula de admisión por cilindro, por lo cual su llenado es bueno en bajas y medias revoluciones, además la relación de compresión de este motor es de 8,4:1 la cual no es muy alta esto y debido a esto nos permite trabajar con seguridad a dicha presión sin que se presente el fenómeno denominado “detonación” poniendo en riesgo los elementos del motor tomando en cuenta que estos no han sufrido ninguna modificación.

Es importante la utilización de unidades de presión absoluta tanto para P_{1c} y P_{2c} . Recuerde que la presión absoluta a nivel del mar es de 14.7 psia (en unidades de psia, la una se refiere a la "absoluta"). Esto se refiere a la presión atmosférica como estándar en condiciones estándar. (Honeywell, 2015)

$$P_{2c} = 0.5bar + 0.753bar$$

$$P_{2c} = 1.253bar = 18.1685psi$$

En la determinación de la relación de presión, la presión absoluta en la entrada del compresor (P_{2c}) es a menudo menor que la presión ambiente, especialmente por la alta carga. ¿Por qué es esto? Cualquier restricción (causada por el filtro de aire o conductos restrictivo) dará lugar a una "depresión", o pérdida de presión, aguas arriba del compresor que debe tenerse en cuenta cuando la determinación de la relación de presión. Esta depresión puede ser de 1 psia o más en algunos sistemas de admisión. (Honeywell, 2015)

Eso está muy bien, ¿pero lo que si usted no está en el nivel del mar? En este caso, basta con sustituir la presión atmosférica real en lugar del 14,7 psi en las ecuaciones

anteriormente para dar un cálculo más preciso. En las elevaciones más altas, esto puede tener un efecto significativo en la relación de presión. (Honeywell, 2015)

$$P_{1c} = P_{atm} - P_{pérdidas}$$

$$P_{1c} = 0.723bar - 0.0689bar$$

$$P_{2c} = 0.6541bar = 9.4395psi$$

Con los datos obtenidos se procede a calcular la relación de presión.

$$\Pi_c = \frac{P_{2c}}{P_{1c}}$$

$$\Pi_c = \frac{18.1685psi}{9.4395psi}$$

$$\Pi_c = 1.925$$

Cálculo del flujo de entrada de aire másico al motor. Caudal másico es la masa de aire que fluye a través de un compresor (y el motor) Durante un período determinado de tiempo y se expresa comúnmente como (libras por minuto). El flujo másico se puede medir físicamente, pero en muchos casos es suficiente para estimar el flujo de masa para elegir el turbo adecuada. (Honeywell, 2015)

Para el cálculo de flujo de entrada de aire se necesitan los siguientes datos:

- Potencia media del motor sin carga (P_e).
- Relación estequiométrica aire/combustible.
- Consumo específico de combustible.

Potencia media del motor sin carga (P_e). La potencia media del motor indica el trabajo realizado por el motor sin carga. (Cazorla Francisco, 2015)

En este caso la potencia media del motor es de 96 HP o 71,59 kW.

Relación estequiométrica aire/combustible. En los motores a gasolina la relación estequiométrica aire/combustible es de 14,7:1, es decir para quemar 1 gramo de gasolina se necesitan 14,7 gramos de aire. (Cazorla Francisco, 2015)

Consumo específico de combustible. Es la relación del consumo de combustible en una hora por la potencia efectiva. (Cazorla Francisco, 2015)

$$b = \frac{B}{Pe} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

Dónde:

b = Consumo específico, en g/kWh.

B = Consumo por hora, en kg/h.

Pe = Potencia efectiva, en kW.

Consumo de combustible por hora. Se calcula a partir de la siguiente ecuación. (Cazorla Francisco, 2015)

$$B = \frac{K \cdot \rho \cdot 3600}{t} \left[\frac{g}{h} \right]$$

Dónde:

B = Consumo por hora, en kg/h.

K = Consumo de combustible de acuerdo a la potencia en cm^3 .

ρ = Densidad del combustible, en g/cm^3 .

t = Tiempo continuo (duración de la prueba) en el banco de pruebas, en s.

$$B = \frac{K \cdot \rho \cdot 3600}{t} \left[\frac{g}{h} \right]$$

$$B = \frac{308,072 \text{ cm}^3 \cdot 0,76 \text{ g/cm}^3 \cdot 3600}{30s} \left[\frac{g}{h} \right]$$

$$B = 28096,1664 \text{ g/h} = 1.032 \text{ lb/min}$$

Con los datos se procede a calcular el consumo específico de combustible:

$$b = \frac{B}{Pe} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

$$b = \frac{28096,1664 \text{ g/h}}{71,59 \text{ kW}} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

$$b = 392,624 \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

Calculo de CFM.

$$CFM = Pe \cdot \text{Relacion estequiometrica} \cdot b$$

$$CFM = (71,59 \text{ kW})(14,7(392,624 \frac{g}{kWh}))$$

$$CFM = 413186,7932 \frac{g}{h} = 0,11477 \text{ kg/s}$$

Análisis y cálculo de la presión en el múltiple de admisión. La presión absoluta en el múltiple de admisión se calcula mediante la siguiente fórmula. (Cazorla Francisco, 2015)

$$Patm = \frac{CFM \cdot R \cdot (460 + Tma^{\circ}F)}{\eta_v \left(\frac{n}{2} \right) \cdot VH}$$

Dónde:

CFM = Flujo de aire necesario, en lb/min.

R = Constante de gases.

Tam = Temperatura teórica en el múltiple de admisión, luego de superar el compresor del turbo cargador.

η_v = Rendimiento volumétrico.

VH = Cilindrada del motor, en pulg³.

$n = \text{RPM Max.}$

Rendimiento Volumétrico. Se calcula mediante la siguiente fórmula. (Cazorla Francisco, 2015)

$$\eta_v = \frac{V_F}{V_H}$$

Dónde:

η_v = Rendimiento volumétrico.

V_F = Cantidad de gas nuevo aspirado por cilindro, en cm^3 .

V_H = Cilindrada del cilindro, en cm^3 .

$$\eta_v = \frac{V_F}{V_H}$$

$$\eta_v = \frac{0,74(546,25) \text{ cm}^3}{546,25 \text{ cm}^3}$$

$$\eta_v = 0,74$$

Se debe tomar en cuenta que para el presente análisis se tomó un valor de eficiencia volumétrica del 74% debido a las 2 válvulas por cilindro. (Cazorla Francisco, 2015)

Con el valor del rendimiento volumétrico, se procede a calcular la presión en el múltiple de admisión.

$$P_{atm} = \frac{CFM \cdot R \cdot (460 + T_{ma}^{\circ}\text{F})}{\eta_v \left(\frac{n}{2}\right) \cdot V_H}$$

$$P_{atm} = \frac{(15,1815 \text{ lb/min}) (639,6) (460 + 115)}{0,74 \left(\frac{5600}{2}\right) (133,3369 \text{ plg}^3)}$$

$$P_{atm} = 20,2093 \text{ psi} = 1,4 \text{ bar}$$

Se deben tomar en consideración las pérdidas de presión por accesorios (ΔP), para ella se debe considerar la longitud de los conductos, diseño de conductos, filtro de aire entre otros. En los sistemas de sobrealimentación se considera un valor promedio de pérdidas de 2,5 psi (0,172 bar). Al considerar este valor, la presión de sobrealimentación (P_{ST}) queda de la siguiente manera: (Cazorla Francisco, 2015)

$$P_{ST} = P_{am} - \Delta P$$

$$P_{ST} = 1,63 \text{ bar} - 0,1723 \text{ bar}$$

$$P_{ST} = 1,4577 \text{ bar} = 21,1421 \text{ psi}$$

Con el valor obtenido, se calcula la relación de presión en un sistema de turboalimentado (R_{PT}).

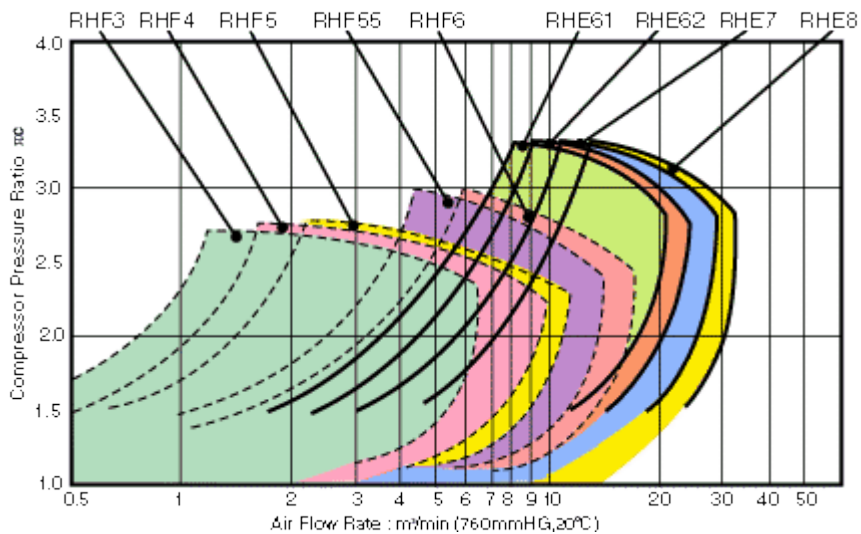
$$R_{PT} = \frac{P_{ST}}{P_{at}}$$

$$R_{PT} = \frac{1,4577 \text{ bar}}{0,6541 \text{ bar}}$$

$$R_{PT} = 2,228$$

3.1.2 *Análisis del rendimiento de un turbocompresor de acuerdo al mapa* En el mercado existen turbocompresores adecuados para cada tipo de motor, los cuales están determinados mediante un gráfico de compresión. En el eje vertical se identifican los valores de (R_{PT}) mientras que en el eje horizontal el caudal de aire necesario o requerido por el motor (CFM). (Honeywell, 2015)

Figura 11. Mapa de un turbo compresor

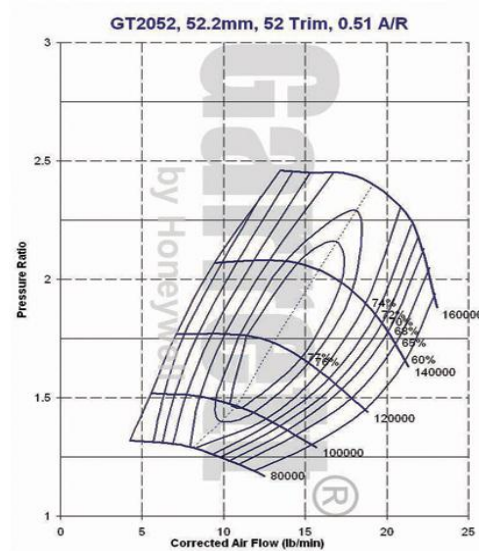


Fuente: http://www.ihl-turbo.com/turbo_RHE-RHF.htm

3.1.3 Turbocompresor seleccionado. Considerando los datos técnicos del motor TOYOTA Célula 2,0 L, los resultados obtenidos en los cálculos de selección ($R_{PT} = 2,228$) y ($CFM = 15,1814 \text{ lb/min}$) y el estudio de diagramas de funcionamiento de los turbocompresores se determinó el ideal para el presente motor.

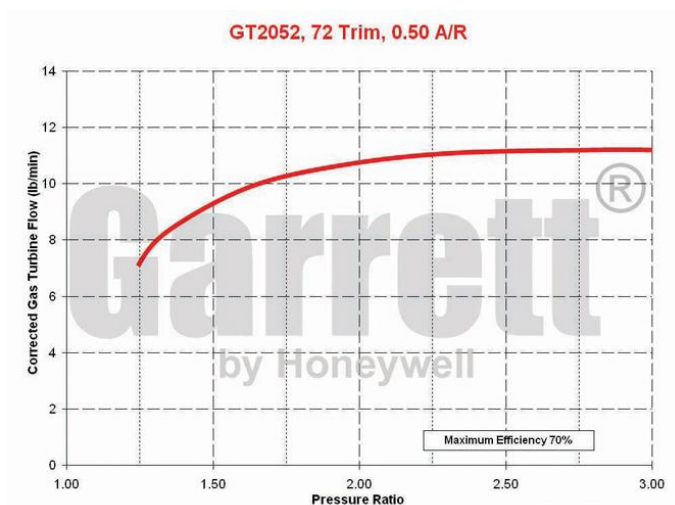
De acuerdo a la disponibilidad en el mercado y su facilidad de adquisición fueron dos marcas de turbos IHI y Garrett.

Figura 12. Mapa del turbocompresor seleccionado



Fuente: <http://turbobygarrett.com/turbobygarrett/turbocharger#GT2052>

Figura 13. Curva de variación de presión del turbocompresor GT2052



Fuente: <http://turbobygarrett.com/turbobygarrett/turbocharger#GT2052>

La grafica tomada representa a la marca Garrett, la cual es equivalente al de la marca IHI modelo RHF55 de acuerdo a los valores de R_{PT} y CFM calculados.

Datos del Turbocompresor

Turbo GT2052

Tabla 2. Características del turbocompresor GT2052

Características del compresor	Valor
Diámetro de la entrada (mm)	37.60
Diámetro de la salida (mm)	52.20
Trim	52
A/R	0.51
Características de la turbina	Valor
Diámetro de la entrada (mm)	47
Trim	72
A/R	0.50
Lubricado por	Aceite
Refrigerado por	Aceite y agua

Fuente: <http://turbobygarrett.com/turbobygarrett/turbocharger#GT2052>

Análisis de datos del turbocompresor.

De acuerdo a los valores de R_{PT} y CFM se puede observar en la gráfica, que el turbocompresor se encuentra en el área de eficiencia del 76%, al alcanzar 120 000 rpm.

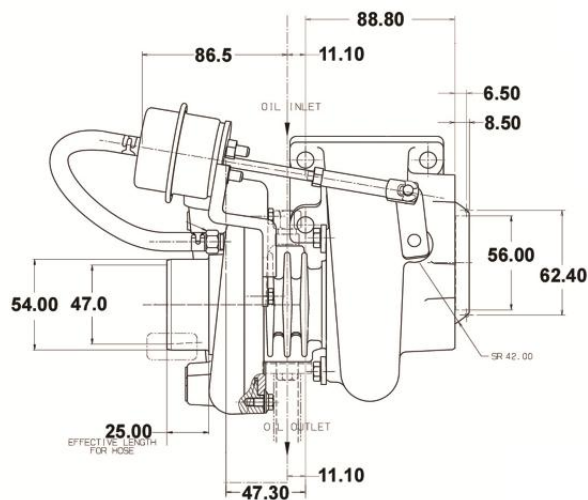
Figura 14. Turbocompresor GT2052



Fuente: <http://turbobygarrett.com/turbobygarrett/turbocharger#GT2052>

Dimensiones y diseños de construcción.

Figura 15. Dimensiones del turbocompresor GT2052



Fuente: <http://turbobygarrett.coms/turbobygarrett/turbocharger#GT2052>

3.2 Diseño del múltiple de escape.

Para el diseño del header se consideró los siguientes parámetros:

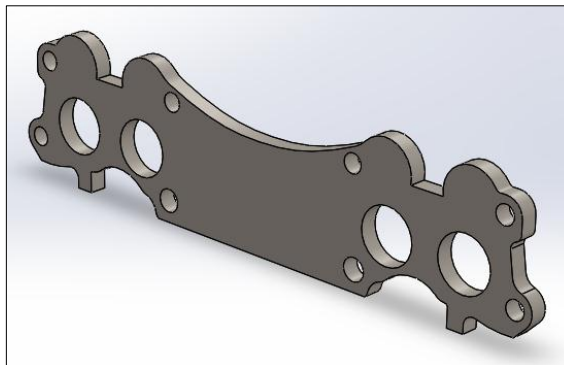
- Disponibilidad de espacio.

- Ubicación, el turbocompresor debe situarse fuera del alcance de cañerías de combustible ya que este irradia calor
- La posición, el header debe posicionarse de tal manera que el turbocompresor opere en horizontalmente.
- Forma, debe considerarse que no existan restricciones teniendo en cuenta que los tubos deben tener longitudes aproximadamente iguales permitiendo que no existan variaciones de velocidad y presión.
- Funcionabilidad, la manipulación para el montaje y desmontaje debe ser lo menos complicada para el técnico.

3.2.1 *Diseño del header en solidworks.* Solidworks es un software que permite el diseño de todo tipo de elementos, permitiendo realizar el análisis y pruebas con lo cual a partir de ello se procederá a efectuar el diseño del header.

3.2.2 *Diseño de la platina del header.* Para un mejor acople la platina se diseña en base a la geometría del múltiple de escape original.

Figura 16. Diseño de la platina del header



Fuente: Autores

3.2.3 *Dimensiones del header.* La utilización del cálculo para considerar las características de tamaño de los colectores de escape requiere formulas muy complicadas. Por lo mismo no vamos a considerar este tipo de cálculos matemáticos y vamos a valernos de una fórmula, muy sencilla, a partir de la cual podremos comenzar a investigar si el colector de escape es el más adecuado para nuestro motor. (Guillieri)

$$Lc = \frac{13000 \times Ge}{RPM \times 6}$$

Dónde:

Lc = Longitud de tubo de escape, en cm.

Ge = Valor en grados del diagrama de distribución del escape, en grados.

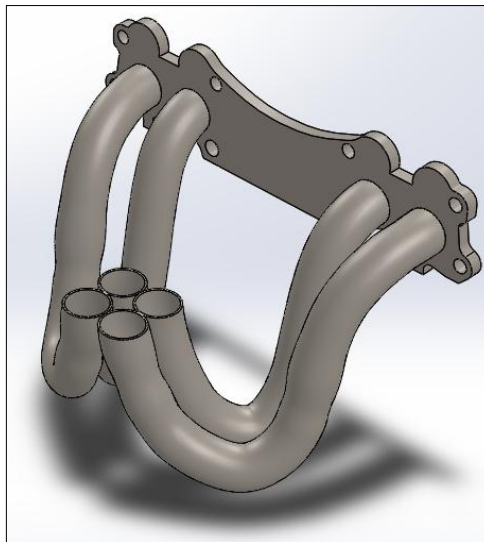
RPM = Número máximo de revoluciones del motor.

$$Lc = \frac{13000 \times Ge}{RPM \times 6}$$

$$Lc = \frac{13000 \times 98}{4800 \times 6}$$

$$Lc = 44,24 \text{ cm}$$

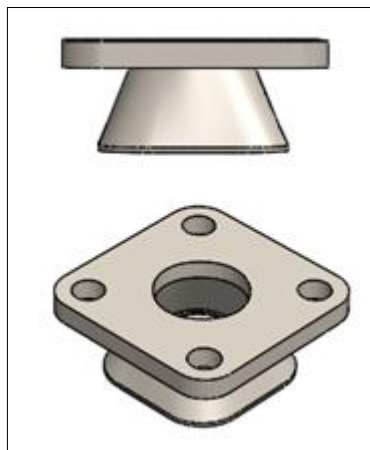
Figura 17. Diseño de caños del header



Fuente: Autores

3.2.4 Diseño de la cámara de expansión. Permite a los gases de escape una desaceleración leve de su velocidad, y con ello una pérdida de ruido. Además aquí han de unirse todos los gases quemados por los cilindros en un solo flujo de corriente permitiendo que no existan corrientes inversas. (Guillieri)

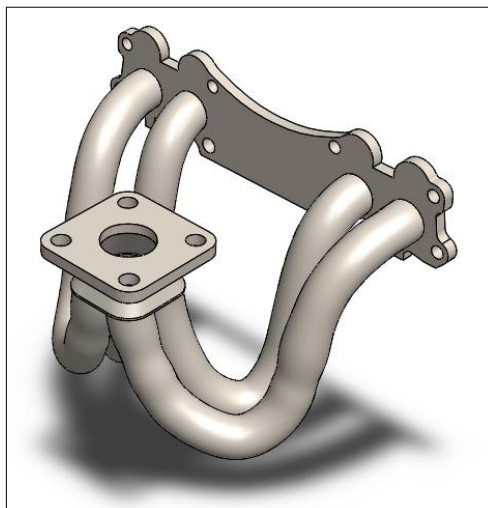
Figura 18. Cámara de expansión del header



Fuente: Autores

3.2.5 *Diseño final del header.* Con la información obtenida anteriormente se procede a finalizar el diseño del header.

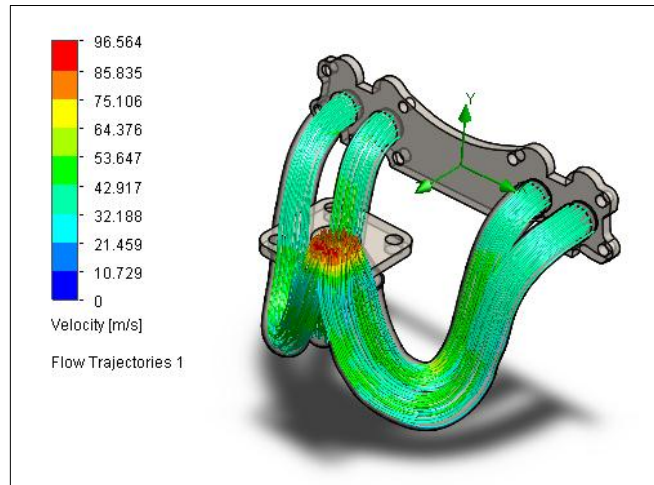
Figura 19. Diseño final del header



Fuente: Autores

3.2.6 *Simulación del flujo de los gases de escape del header.* Una vez terminado el modelado del header se procede a realizar la simulación de velocidad, presión, temperatura los cuales influyen en nuestro diseño, para ello se utiliza un complemento de solidworks “Flow Simulation” el cual va a permitir obtener datos de los parámetros anteriormente mencionados.

Figura 20. Simulación de flujo de gases en solidworks



Fuente: Autores

3.2.7 *Cálculo del caudal volumétrico de los gases de escape.* Para determinar el valor del caudal se procede a calcular con la siguiente fórmula.

$$Q_0 = v \times A \times C_r$$

Dónde:

Q_0 = Caudal volumétrico de los gases de escape, en ft^3/min .

v = Velocidad de los gases de escape al inicio del header, en m/s.

C_r = Factor de corrección de velocidad que corresponde a la temperatura de los gases.

Este factor depende de la temperatura de los gases y se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$C_r = \frac{1}{2} \left(\frac{T_0 + 460}{530} \right)$$

Dónde:

T_0 = Temperatura de los gases de escape, en °F tomando para el caculo 1292 °F o 700 °C en este caso.

$$C_r = \frac{1}{2} \left(\frac{T_0 + 460}{530} \right)$$

$$C_r = \frac{1}{2} \left(\frac{1292 + 460}{530} \right)$$

$$C_r = 1,8164$$

Se calcula el caudal volumétrico con el C_r conocido.

$$Q_0 = v \times A \times C_r$$

$$Q_0 = (40 \text{ m/s}) \times (0,0015 \text{ m}^2) \times 1,8164$$

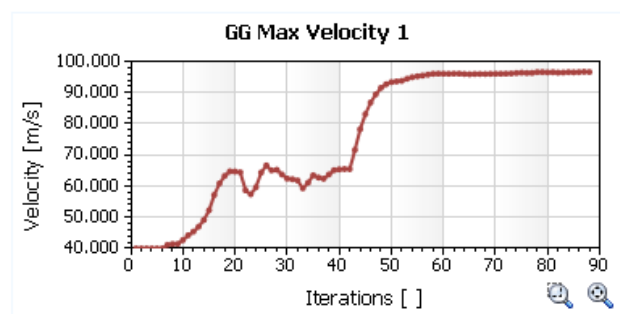
$$Q_0 = 0,108 \text{ m}^3/\text{s} = 228.34 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Figura 21. Resultados obtenidos de la simulación

Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	103527.78	103525.24	103513.26	103559.61	100 %	Yes	46.35	47.97
GG Max Temperature (Fluid) 1	[K]	1073.66	1073.66	1073.65	1073.66	100 %	Yes	9.98e-003	0.02
GG Max Velocity 1	[m/s]	96.629	96.298	95.910	96.692	100 %	Yes	0.782	1.633

Fuente: Autores

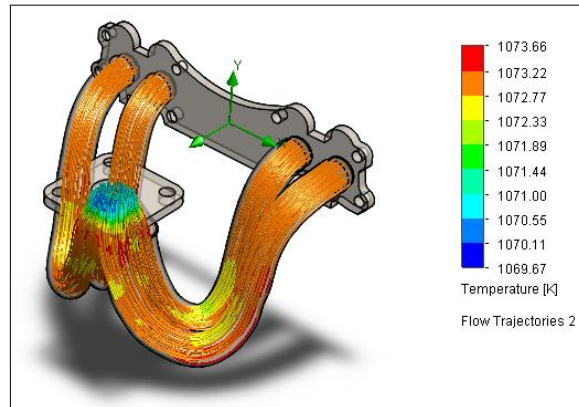
Figura 22. Velocidad del flujo de gases



Fuente: Autores

3.2.8 Estudio térmico en el header. El análisis se realizó en solidworks utilizando el complemento “Flow Simulation” tomando en cuenta el tipo de material seleccionado para el diseño.

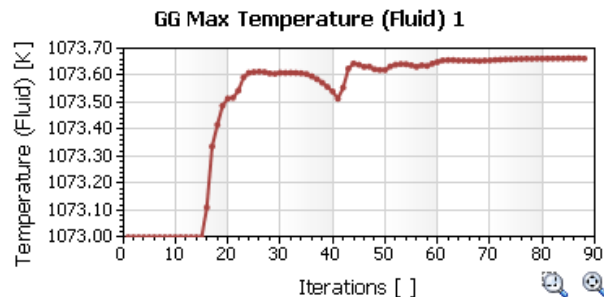
Figura 23. Estudio térmico del header



Fuente: Autores

Se puede apreciar que en el diseño del header no existe una pérdida considerable de temperatura, con lo cual podemos decir que no existen grandes pérdidas de energía.

Figura 24. Temperatura de los gases de escape



Fuente: Autores

3.3 Montaje del header.

3.3.1 Junta del header. Para la colocación del header en el cabezote del motor requiere de una junta (empaquete), la cual impide fugas dando como resultado pérdida de potencia y un mayor consumo de combustible.

La junta que se dispone para el montaje del es la original del kit de empaques del motor 20R TOYOTA.

Figura 25. Junta del colector de escape



Fuente: Autores

3.3.2 Montaje del header. Para el montaje se coloca el empaque junto con el header utilizando para posteriormente colocar las turcas y dar un apriete de 45 Nm.

3.4 Montaje del turbocompresor.

3.4.1 Turbocompresor. La ubicación del turbocompresor debe ser ubicado en forma horizontal, esto se lo hace para que el retorno de lubricación sea por gravedad.

Figura 26. Montaje del turbocompresor



Fuente: Autores

3.4.2 Montaje de la brida de escape. Para la salida de los gases de escape se acopla la brida de escape al final de la turbina, teniendo en cuenta la colocación de una junta evitando así fugas.

Figura 27. Montaje de la brida de escape.



Fuente: Autores

3.5 Lubricación y refrigeración del turbocompresor.

3.5.1 Lubricación. La lubricación se realiza por aceite, el cual es enviado a presión desde la bomba de aceite del motor.

3.5.2 Refrigeración. La refrigeración del turbocompresor se la realiza por agua, tomando presión antes del termostato y retornando posteriormente al radiador.

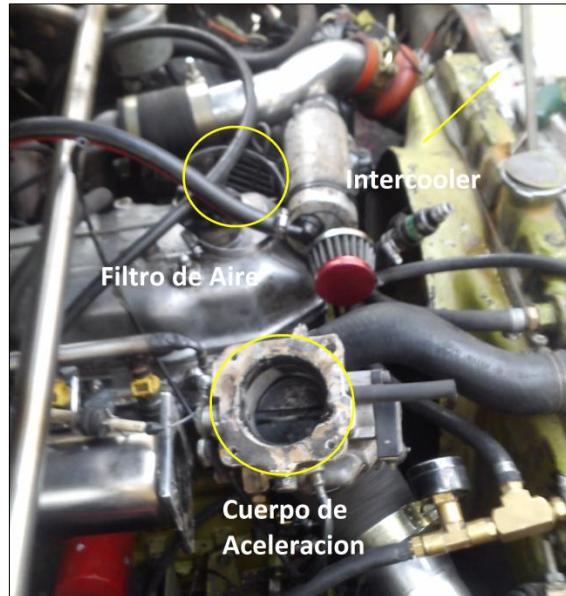
3.6 Montaje de los conductos de aire presurizado.

3.6.1 Filtro de aire. Este elemento es ubicado a la entrada de el compresor impidiendo así el paso de partículas que pueda afectar al funcionamiento del turbocompresor.

3.6.2 Intercooler. Es ubicado a la salida del compresor, obteniendo así una disminución de temperatura, por ende lograr un aumento en la densidad del oxígeno.

3.6.3 Abrazaderas. Estos elementos se deben colocar a la salida de los conductos de alta presión, permitiéndonos así que no existan fugas en el sistema.

Figura 28. Conductos de aire presurizado



Fuente: Autores

3.7 Ubicación de la blow-off (válvula de alivio).

La válvula de alivio se debe ubicar en el circuito de presión de aire, después de la salida del compresor y antes de la mariposa de aceleración. Además cuenta con una conexión de vacío la cual se toma de una cañería ubicada posterior a la mariposa de aceleración.

Figura 29. Ubicación de la válvula de alivio (Blow-off)



Fuente: Autores

CAPITULO IV

4. ADAPTACIÓN DEL SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Para la adaptación del sistema de inyección electrónica se considerara el tipo de sistema de inyección electrónica que se ajuste a las necesidades así como a las facilidades que el motor nos ofrezca.

Por lo tanto se decidió instalar un sistema de inyección electrónica multipunto semisecuencial puesto que en este motor solamente se cuenta con el trigger de disparo del cigüeñal, puesto que el árbol de levas se encuentra totalmente cubierto por la tapa válvulas y es muy dificultosa la instalación de un trigger en el mismo.

4.1 Vista general del Funcionamiento del carburador.

El proceso de combustión necesita el oxígeno del aire para quemar combustible. La proporción ideal teórica para que exista una combustión total es de una parte de gasolina por 14,7 partes de aire denominada proporción estequiometria. (Santander, 2006)

Si hay más combustible, este no se quema del todo y en el sistema de escape aumenta la cantidad de hidrocarburos no quemados. Cuando hay menos combustible en comparación con el aire, la potencia disminuye y el proceso de combustión se vuelve más lento lo cual ocasiona que se incremente la temperatura del motor. (Santander, 2006)

4.1.1 Características del carburador.

- El poco flujo de gases en ralentí obliga a tener un surtidor ajustable mediante un tornillo después de la mariposa de gases para mantener la riqueza de la mezcla.
- Cuando se acelera la respuesta del flujo de gases es inmediata, mientras que el combustible debe ser succionado por lo que genera un retraso que se manifiesta

- con una baja inicial de la proporción de gasolina para esto se añade en el mismo carburador una pequeña bomba llamada de aceleración la cual añade una pequeña proporción de gasolina para el cambio de modo de funcionamiento. Esta vierte un chorro de gasolina por encima de la mariposa del colector. Este sistema es el responsable por un lado, de la rápida respuesta de los carburadores y, por otro, del famoso ahogo de los vehículos cuando se insiste en acelerar continuamente en los arranques del motor.
- Cuando el régimen aumenta, la mayor densidad de la gasolina genera un exceso de la misma por el tamaño del surtidor; para evitar este exceso se emplea emulsionadores que mezclan la gasolina que va a salir por el surtidor con aire para que la densidad sea mayor.
- Cuando el motor se encuentra operando con la mariposa de gases cerrada “en bajadas usando freno motor” el carburador sigue suministrando gasolina, lo que nos representa mayor consumo

4.2 Ventajas de la inyección electrónica de combustible.

- Suministro de aire. Al accionar el acelerador se dosifica la entrada de aire y no de combustible, existe un sistema eléctrico que permite el paso de aire para el funcionamiento en marcha mínima. El diseño de los múltiples de admisión hace que cada cilindro llegue la misma cantidad de aire.
- Suministro de combustible. Los inyectores son unas válvulas eléctricas que dosifican y pulverizan el combustible sobre las válvulas de admisión antes de entrar en la cámara de combustión.
- La ECU dosifica la entrada de combustible por lo tanto controla el tiempo que permanecerán abiertos los inyectores, esta cantidad depende de varios factores. Temperatura del motor, velocidad del motor, carga, posición de la mariposa de aceleración.

- La aceleración y desaceleración son más rápidas ya que al contrario de lo que ocurre en los carburadores, la cantidad de combustible inyectado cambia constantemente de acuerdo con la posición de la válvula de la mariposa de aceleración. Además el suministro puede cortarse totalmente cuando se deja de accionar el pedal de aceleración ahorrando combustible.

4.3 Datos de consumo de combustible a carburador.

4.3.1 Consumo de combustible. Es un factor clave en cada vehículo pero este valor puede variar debido a varias condiciones tales como; el tipo de manejo, el uso de accesorios en el vehículo y la carga que este puede estar soportando para determinar dicho valor se procede a utilizar la siguiente fórmula:

$$K_{IV} = \frac{b \cdot P_e \cdot 2 \cdot 1000}{i \cdot n \cdot 60 \cdot p} [mm^3]$$

K_{IV} = Cantidad de combustible en los motores de cuatro tiempos, en mm^3 .

b = Consumo específico de combustible, en g/kWh.

P_e = Potencia del motor, en KW

i = Numero de cilindros.

n = Numero de revoluciones, en RPM

p = Densidad del combustible, en g/cm^3 .

4.3.2 Consumo específico de combustible. Es la relación del consumo de combustible en una hora por la potencia efectiva. (Cazorla Francisco, 2015)

$$b = \frac{B}{P_e} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

Dónde:

b = Consumo específico, en g/kWh.

B = Consumo por hora, en kg/h.

P_e = Potencia efectiva, en kW.

4.3.3 Consumo de combustible por hora. Se calcula a partir de la siguiente ecuación.
(Cazorla Francisco, 2015)

$$B = \frac{K \cdot \rho \cdot 3600}{t} \left[\frac{g}{h} \right]$$

Dónde:

B = Consumo por hora, en kg/h.

K = Consumo de combustible de acuerdo a la potencia en cm^3 .

ρ = Densidad del combustible, en g/cm^3 .

t = Tiempo continuo (duración de la prueba) en el banco de pruebas, en s.

$$B = \frac{K \cdot \rho \cdot 3600}{t} \left[\frac{g}{h} \right]$$

$$B = \frac{308,072 \text{ cm}^3 \cdot 0,76 \text{ g/cm}^3 \cdot 3600}{30s} \left[\frac{g}{h} \right]$$

$$B = 28096,1664 \text{ g/h} = 1.032 \text{ lb/min}$$

Con los datos se procede a calcular el consumo específico de combustible:

$$b = \frac{B}{P_e} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

$$b = \frac{28096,1664 \text{ g/h}}{71,59kW} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

$$b = 392,624 \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

Con los datos se procede a calcular el consumo de combustible.

$$K_{IV} = \frac{b \cdot P_e \cdot 2 \cdot 100}{i \cdot n \cdot 60 \cdot p} [mm^3]$$

$$K_{IV} = \frac{392,624 \cdot 71,59 \cdot 2 \cdot 1000}{4 \cdot 4800 \cdot 60 \cdot 0,76} [mm^3]$$

$$K_{IV} = 64.02 [mm^3]$$

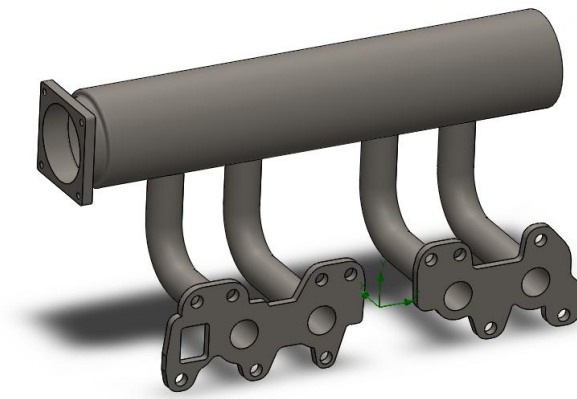
4.4 Selección de elementos para la modificación.

Diseño del múltiple de admisión.

Dimensiones del header (Admisión)

Diseño del header (admisión) Con la ayuda de solidworks y la utilización de las dimensiones se procede con el diseño del header.

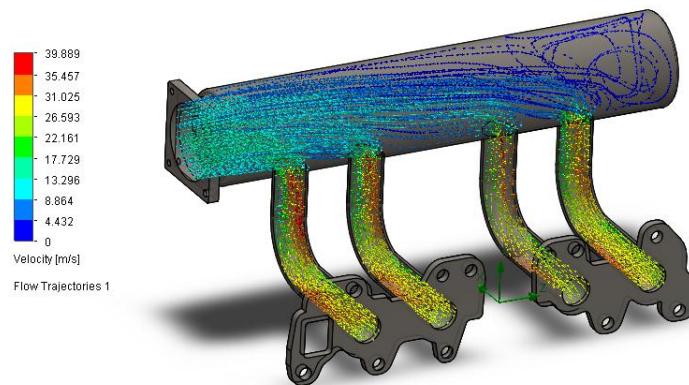
Figura 30. Diseño del header de admisión.



Fuente: Autores

Simulación del flujo de entrada de aire en el header de admisión. Con la ayuda del complemento “Solidworks Flow Simulation” se procede a simular el elemento para determinar los valores de velocidad, presión y temperatura.

Figura 31. Simulación de flujo de aire en el header.



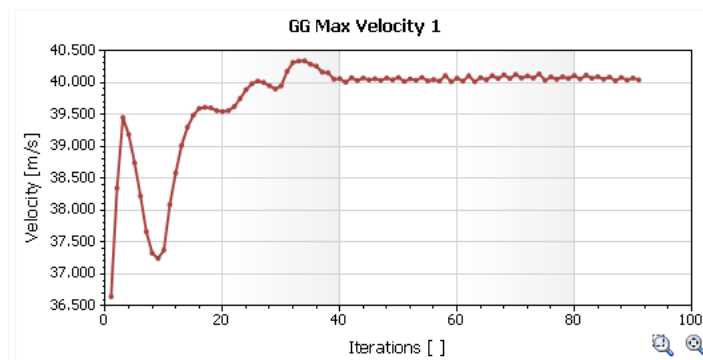
Fuente: Autores

Figura 32. Resultados de la simulación.

Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	152776.89	152863.60	152776.89	153054.63	100 %	Yes	45.87	48.26
GG Max Temperature (Fluid) 1	[K]	295.33	295.33	295.33	295.33	100 %	Yes	2.22e-003	2.30e-003
GG Max Velocity 1	[m/s]	40.041	40.076	40.026	40.134	100 %	Yes	0.023	0.149
SG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	-0.1148	-0.1148	-0.1148	-0.1148	100 %	Yes	1.0110e-007	0.0001
SG Volume Flow Rate 1	[m ³ /s]	-0.0649	-0.0649	-0.0649	-0.0649	100 %	Yes	6.2369e-007	3.6588e-005

Fuente: Autores

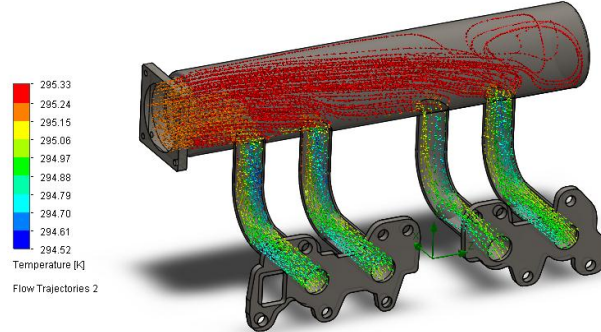
Figura 33. Velocidad de flujo de aire.



Fuente: Autores

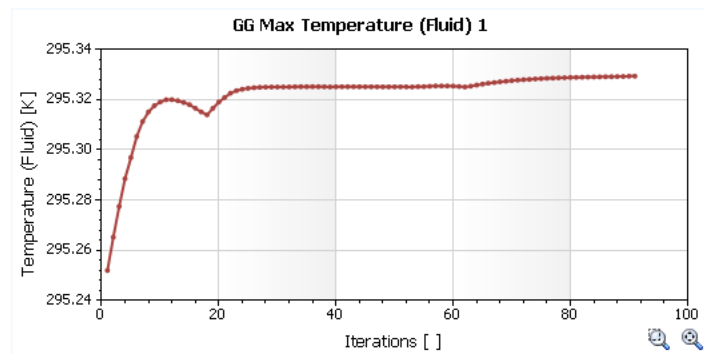
Estudio térmico en el header.

Figura 34. Estudio térmico del header de admisión.



Fuente: Autores

Figura 35. Temperatura del aire en el header.



Fuente: Autores

4.4.2 Selección de bomba de combustible. Un sistema de inyección electrónica semi-secuencial multipunto, para un motor de 2200 CC, por lo general trabaja con una presión de 2.5 a 3 bares. (Xavier Cifuentes, 2009)

4.4.3 Selección de Inyectores. Para la selección de inyectores se realiza en función del caudal entregado, para el cual utilizamos la siguiente ecuación. (Xavier Cifuentes, 2009)

$$\text{Injector flow rate} = \frac{\text{Engine HP} \cdot \text{BSFC}}{\text{Number of injector} \cdot \text{Injector duty cycle}} \left[\frac{\text{lb}}{\text{h}} \right]$$

Dónde:

Injector flow rate = Caudal, en lb/h.

Engine Hp = Potencia del motor, en hp.

Number of injectors = Numero de inyectores.

Injector duty cycle = Porcentaje de tiempo que el inyector permanece abierto, también se lo puede expresar en mili segundos. Se toma un factor de 0.8, ya que de esa forma se le da una mayor vida útil al inyector.

BSFC = Factor de 0.4 a 0.7 que indica el calor a la que el motor está siendo sometido.

Tabla 3. Factores BSFC

Engine Type	Gasoline	Alcohol
High Compression	0.45 to 0.55	0.90 to 1.10
Low Compression	0.50 to 0.60	1.00 to 1.20
Super/Turbo Charged	0.55 to 0.65	1.10 to 1.30

Fuente: (Xavier Cifuentes, 2009)

$$\text{Injector flow rate} = \frac{\text{Engine HP} \cdot \text{BSFC}}{\text{Number of injector} \cdot \text{Injector duty cycle}} \left[\frac{\text{lb}}{\text{h}} \right]$$

$$\text{Injector flow rate} = \frac{96 \cdot 0,6}{4 \cdot 0,8} \left[\frac{\text{lb}}{\text{h}} \right]$$

$$\text{Injector flow rate} = 18 \left[\frac{\text{lb}}{\text{h}} \right]$$

4.4.4 Selección de Bobina. Para trabajar acorde a la electrónica de nuestro sistema se ha dispuesto de un encendido tipo DIS. Por su fácil disponibilidad en el mercado y precio.

Tabla 4. Modelos de bobinas

Numero Original Bosch	Numero de Reposición Bosch	Enrollamiento Primario Ω	Enrollamiento Secundario K Ω
0 221 503 011	0 221 503	0,50 \pm 0,1	12,00 \pm 2,0
0 221 503 407	0 221 503 407	0,50 \pm 0,1	13,3 \pm 2,0
0 221 504 014	0 221 504 014	0,73\pm0,1	9,6\pm1,8

Fuente: <http://www.bosch.com.mx/content/language1/html/7784.htm>

4.4.4 Selección de sensores. Los sensores han sido seleccionados en función de precio, facilidad de adquisición e instalación. Al trabajar con la ECU programable “Haltech Sprint 500” no es necesaria la instalación de los sensores propios de la marca.

Por tal motivo se ha seleccionado los sensores del sistema de inyección motronic MPFI de los vehículos CORSA.

4.5 Ubicación y montaje.

4.5.1 Header de Admisión. Con el header ya terminado se procede a ubicarlo el lado lateral izquierdo del motor, este debe tener contar con un empaque el cual se lo ha realizado en papel victoria, fijándolo con silicón para finalmente poder colocarlo en la culata para su posterior ajuste.

Figura 36. Múltiple de admisión.



Fuente: Autores

Figura 37. Múltiple de admisión ubicado en el cabezote.



Fuente: Autores

4.5.2 *Haltech Sprint 500.* Para prevenir que surjan problemas y ocasionar daños a la computadora y a los componentes del motor hay unas pautas de seguridad y precauciones que se deben tomar en cuenta a todo momento cuando se realiza la instalación del sistema Haltech en cualquier vehículo tales como; caídas de voltaje, tierra de las bobinas y carga de batería. (Haltech)

Se conecta los cables positivo y negativo hacia los bordes de la batería así como un negativo a chasis, respetando el calibre de cable especificado en el manual de instalación. Se toma una derivación de 12v del automóvil que pase por el switch mediante esta controlar los distintos relés de los subsistemas de la computadora.

El cable positivo de batería hacemos que pase por la caja porta fusibles.

Para su instalación se toma de la primera salida de la caja porta fusibles, se conecta hacia el terminal 30 del relé y el terminal 78 hacia el positivo de alimentación de la computadora, el terminal 85, se conecta a tierra del chasis y el terminal 86 y conectar hacia 12 voltios del switch (15).

4.5.3 *Inyectores.* Los inyectores se ubicaran en el riel de inyectores procurando que no exista ninguna fuga.

Para su instalación se toma de la segunda salida de la caja porta fusibles, se conecta hacia el terminal 30 del relé y el terminal 78 hacia el positivo de alimentación de los inyectores, el terminal 85, se conecta a tierra del chasis el terminal 86, se conecta hacia 12 voltios del switch (15).

Figura 38. Ubicación de los inyectores en el riel de inyectores.



Fuente: Autores

4.5.4 Bobina. Se ubica la bobina de tal forma que los cables de bujía no se pueden enredarse y esté a un fácil acceso.

Para su instalación se toma de la tercera salida de la caja porta fusibles, se conecta hacia el terminal 30 del relé y el terminal 78 hacia el positivo de alimentación de la bobina, el terminal 85 se conecta a tierra del chasis y el terminal 86, se conecta hacia 12 voltios del switch (15).

4.5.5 Bomba de combustible. Se instala la bomba de presión de combustible en el interior del depósito de combustible, colocando las mangueras de alta presión y en la cañería de salida de la bomba se coloca el filtro de combustible.

Para su instalación se toma de la cuarta salida de la caja porta fusibles, se conecta hacia el terminal 30 del relé y el terminal 78 hacia el positivo de alimentación de la bomba de combustible, el terminal 85, se conecta al trigger de control de la computadora y el terminal 86, se conecta hacia 12 voltios del switch (15).

Figura 39. Bomba de combustible



Fuente: Autores

4.5.6 *Sensor de oxígeno wideband.* Se utiliza para enviar la señal de la mezcla a la computadora con el cual le da la capacidad, no solo de monitorear y dataloguear sino también de utilizar la opción quicktune en la programación.

Para su instalación se toma de la quinta salida de la caja porta fusibles, se conecta hacia el terminal 30 del relé y el terminal 78 hacia el positivo de alimentación del módulo de control del sensor de oxígeno de banda ancha, el terminal 85, se conecta a tierra del chasis y el terminal 86, se conecta hacia 12 voltios del switch (15).

Se procede a conectar el socalo del arnés de cable a la computadora.

Una vez terminado la instalación se posesiona la computadora en un lugar adecuado dentro del vehículo y la fijamos.

Se levanta el tendido eléctrico desde la computadora hacia el compartimento del motor.

4.5.7 *Sensor MAP.* La computadora programable cuenta con un MAP interno nominal de 150 kPa, este sensor funciona con presión absoluta, por esta razón su calibración no es afectada por cambios en presión barométrica. El vacío en el caso de motores turbocargados, la presión del turbo es proporcional a la carga en la cual el motor opere y la computadora utiliza esta señal como referencia de carga

Para su instalación se conecta una manguera desde el colector de admisión detrás del cuerpo de aceleración hacia la entrada de la computadora donde se encuentra incorporado el sensor MAP.

4.5.8 *Sensor TPS.* Se monta el sensor en la barra de la lengüeta del cuerpo de aceleración. Se conecta adecuadamente los cables especificados basándose en la guía de instalación.

Figura 40. Montaje del sensor TPS



Fuente: Autores

4.5.9 *Sensor IAT.* Se monta el sensor de temperatura de aire IAT en el cuerpo de celebración antes de la válvula de estrangulación, asegurándose que el montaje sea hermético. Se conecta adecuadamente los cables especificados basándose en la guía de instalación.

Figura 41. Montaje del Sensor IAT.



Fuente: Autores

4.5.10 Sensor ECT. Colocamos el sensor de temperatura de refrigerante en la brida de salida de agua del cabezote del motor. Se conecta adecuadamente los cables especificados basándonos en la guía de instalación.

Figura 42. Montaje del sensor ECT



Fuente: Autores

4.5.11 Sensor CKP. Adaptamos la rueda fónica 60 – 2 motronic en la polea del volante del motor teniendo en cuenta que esta esté perfectamente centrada y solidaria al eje del cigüeñal para obtener una buena señal.

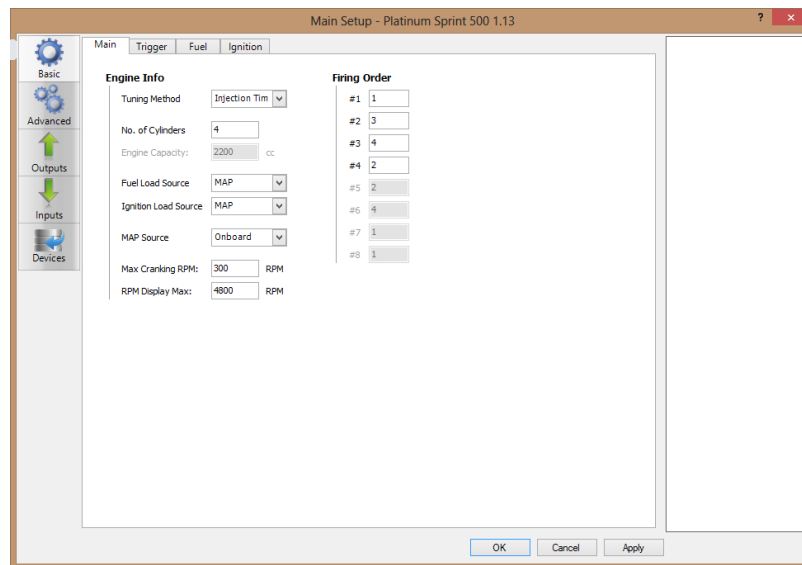
Se coloca el sensor CKP perpendicular a la rueda fónica con un entrehierro de 0.6 a 1.5 mm con una base solidaria al bloque del motor. Se conecta adecuadamente los cables especificados basándonos en la guía de instalación.

4.6 Calibración de los distintos sensores.

Para el Seteo de sensores se conecta la batería con su polaridad correcta conectamos e USB de la ECU hacia una Laptop en la cual está debidamente instalado el programa ECU manager, se procede a ejecutarlo, con la llave en posición de switch ON presionando la tecla F5.

Se ingresa a la página de configuración general donde se selecciona los parámetros de tipo de programación, orden de encendido, numero de cilindros y cilindrada total.

Figura 43. Ventana de configuración principal

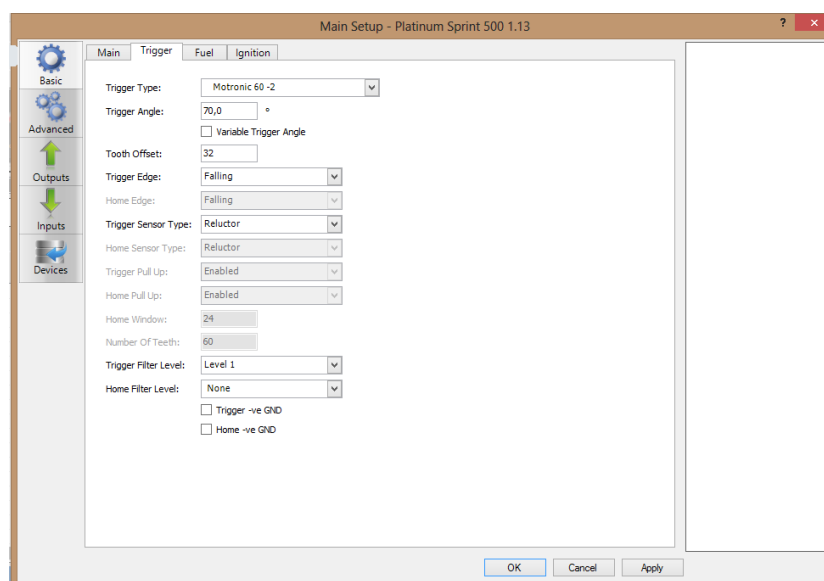


Fuente: Autores

4.6.1 Configuración del trigger. Cuando se habla del termino trigger se refiere específicamente al sensor de posición del cigüeñal.

Para la configuración del trigger, se selecciona el tipo de rueda fónica y el número de dientes que se encuentra desplazado el sensor del PMS, además se especifica el tipo de sensor y si la señal del mismo es creciente o decreciente.

Figura 44. Menú de configuración de triggers



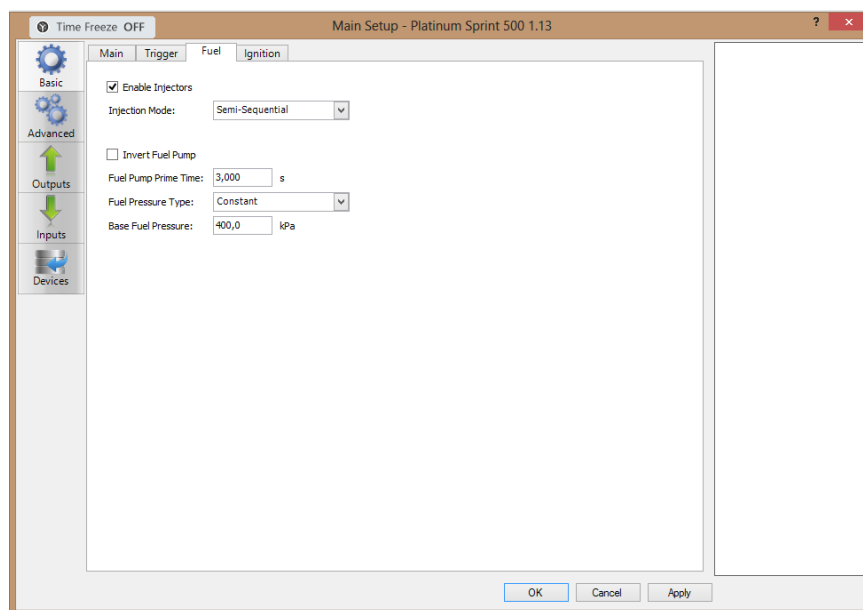
Fuente: Autores

Angulo de trigger. Es simplemente el ángulo antes del punto muerto superior (BTDC) en que el evento del trigger ocurre.

4.6.2 Configuración de inyección. Los inyectores suplen de combustible al motor, es importante conocer el tipo de inyectores que se está utilizando ya que la computadora Haltech usa diferentes estrategias para cada uno de estos tipos, dependiendo el valor de impedancia.

En esta ventana se especifica el tipo de inyección así como el tiempo q la bomba se enciende luego de poner en contacto el switch, también la presión a la que trabajara en sistema.

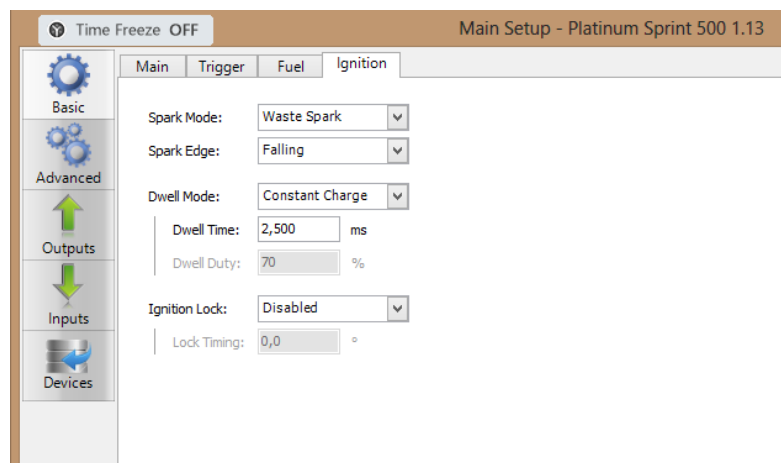
Figura 45. Menú configuración de inyección.



Fuente: Autores

4.6.3 Configuración de ignición. Se especifica el tipo de sistema de encendido a utilizar, el tipo de señal que recibirá la bobina y además el tiempo de carga de la misma.

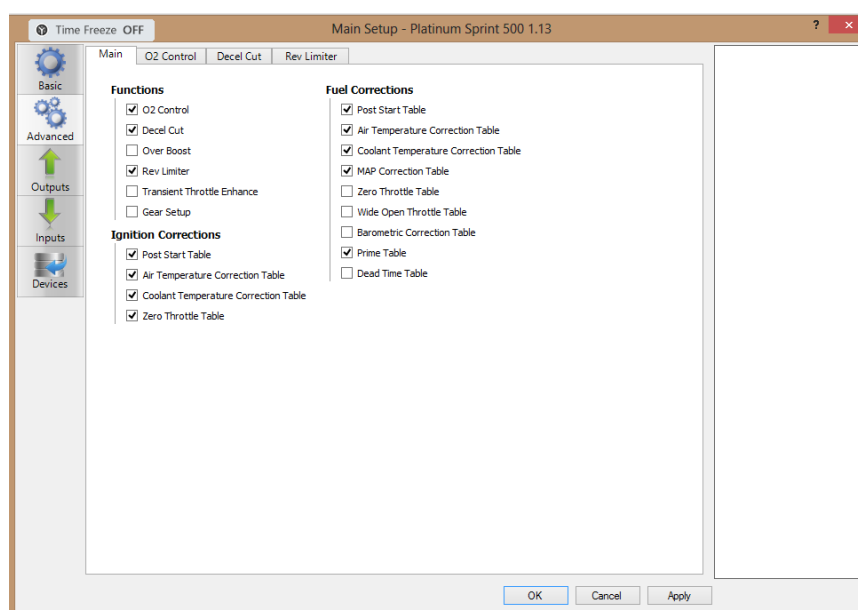
Figura 46. Menú configuración ignición.



Fuente: Autores

4.6.4 Opciones avanzadas. En el menú de configuraciones avanzadas se selecciona todos los tipos de correcciones que actuaran sobre nuestros mapas base.

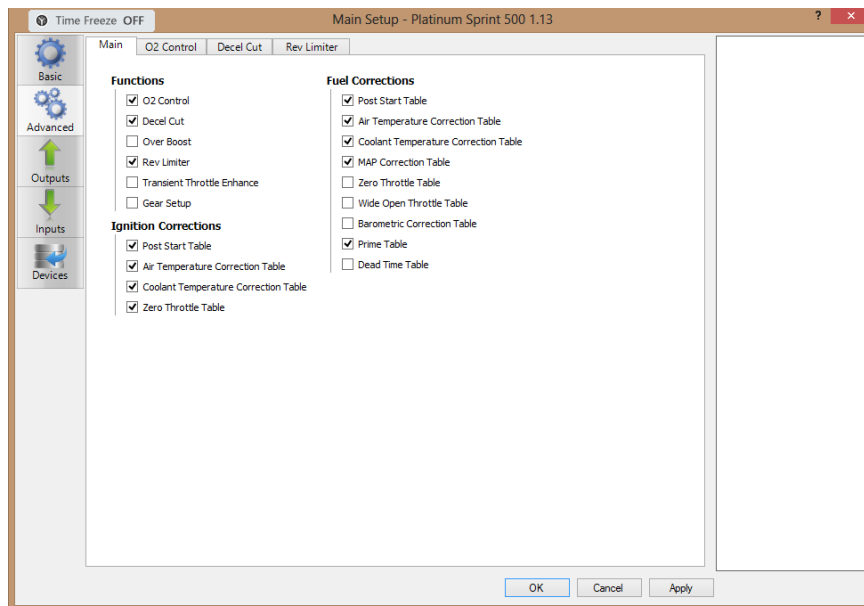
Figura 47. Menú opciones avanzadas.



Fuente: Autores

4.6.5 Calibración del sensor TPS. Se procede a ubicarse en el menú de entradas donde se procede a calibrar los sensores TPS leyendo el voltaje que envía el sensor con el acelerador al cero por ciento y luego el voltaje que envía al cien por ciento.

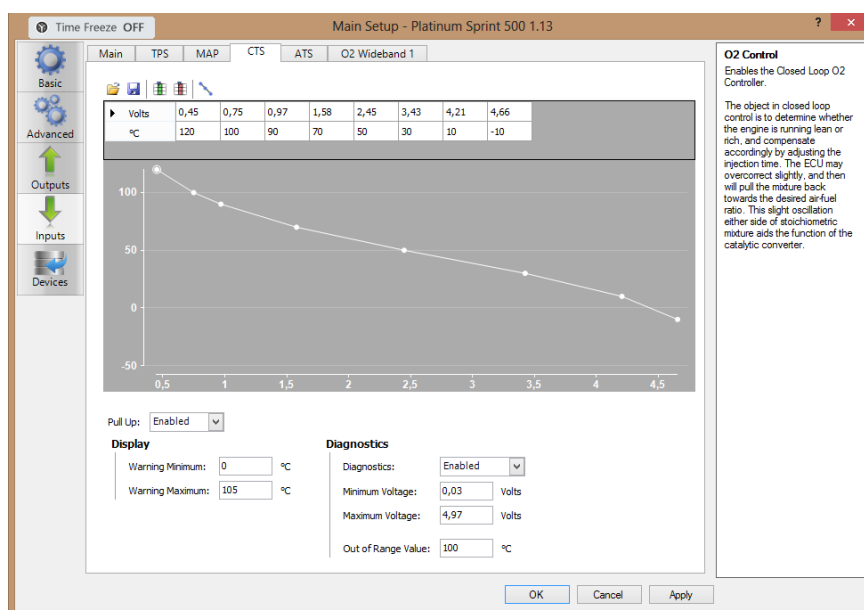
Figura 48. Calibración del sensor TPS



Fuente: Autores

4.6.6 Calibración de los sensores ECT e IAT. De la misma forma se calibra los sensores WTS e IAT con la ayuda de un termómetro comparando la magnitud física de temperatura con el voltaje de lectura de los sensores.

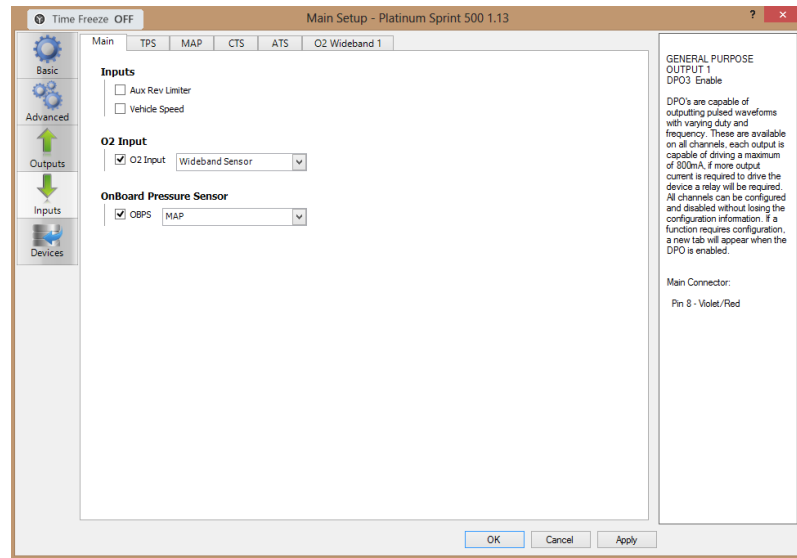
Figura 49. Calibración de los sensores ECT e IAT.



Fuente: Autores

4.6.7 Calibración del sensor de oxígeno. Finalmente se habilita el sensor de oxígeno de banda ancha en el menú principal de entradas, este sensor se calibra automáticamente.

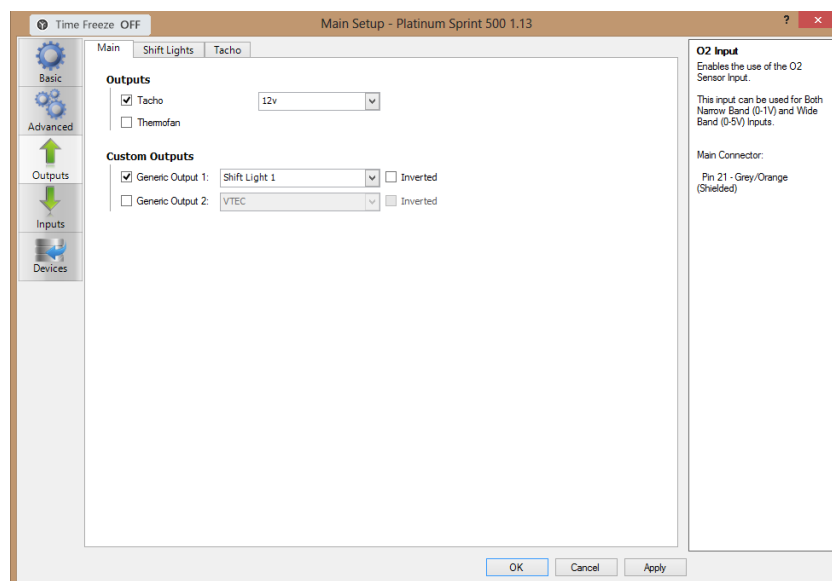
Figura 50. Calibración del sensor de oxígeno de banda ancha



Fuente: Autores

4.6.8 Tacómetro y luz de cambio de marcha. En el menú de salidas se selecciona el tacómetro y la luz de cambio de marcha.

Figura 51. Salida de tacómetro y luz de cambio de marcha



Fuente: Autores

4.7 Programación de la ECU.

Se procede a cargar mapas base de combustible y tiempo de ignición para proceder a poner en marcha por primera vez el motor del vehículo

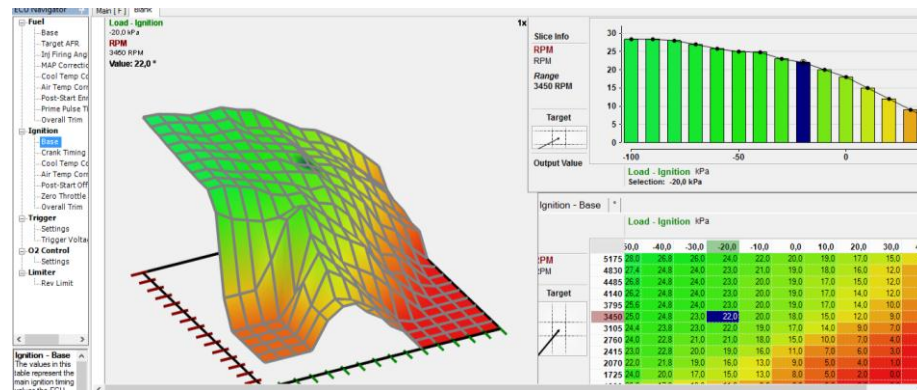
4.7.1 Programación de inyección. El mapa de inyección es lo que influencia mayormente a la mezcla aire/gasolina.

Para la programar las tablas de inyección base:

- Configure su dispositivo para monitorear la mezcla aire/gasolina para el rango que será utilizado con el motor a programar.
- Confirme que el tiempo de avance inicial este correcto con un foco de tiempo se recomienda que el tiempo de avance sea conservador para prevenir que haya detonaciones.
- Caliente el motor a una temperatura normal de operación.
- Verifique su ángulo de inyección para que la marcha del motor este lo más estable posible. Valores típicos alrededor de 400° BTDC
- Ajuste el control de ralentí para que el motor se mantenga en una velocidad ideal.
- Calibrar hasta alcanzar que la mezcla estequiométrica, o lo más cerca posible para que permita que el motor este estable sin fallas.

Para obtener una programación más pulida se recomienda que se realice la calibración por etapas; en ralentí, sin carga y aplicándole carga.

Figura 52. Mapa base de combustible.



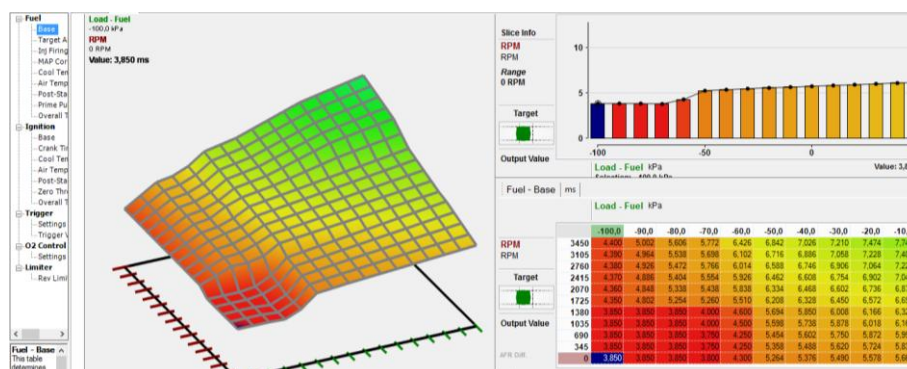
Fuente: Autores

4.7.2 Programación de ignición. Asegúrese de que sus mapas de inyección han sido programados antes de comenzar a programar el avance.

El proceso de programación de los puntos de RPM y carga es similar al de programar la inyección. Pero en vez de buscar una buena mezcla, se requiere el mejor torque posible para todos los puntos donde el motor opere con el mínimo de avance. Alcanzara la potencia máxima buscado el mejor torque posible en todo el rango de velocidad del motor

Como referencia, un motor requerirá de menos avance a medida que la carga aumenta. También aceptara más avance cuando las revoluciones aumenten.

Figura 53. Mapa base de ignición.

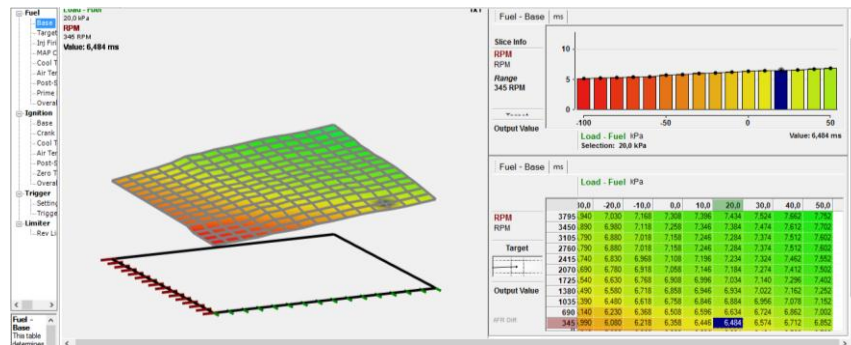


Fuente: Autores

4.8 Realización de la cartografía adecuada para nuestro motor, puesta a punto.

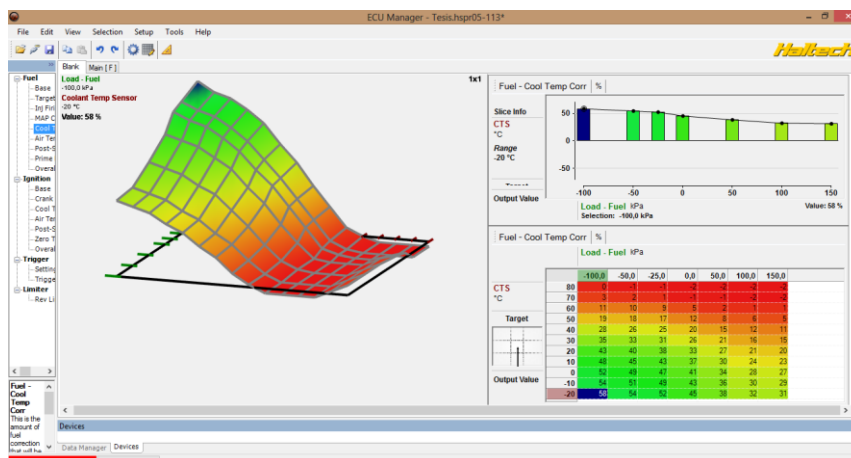
4.8.1 Cartografía de inyección óptima.

Figura 54. Cartografía de inyección.



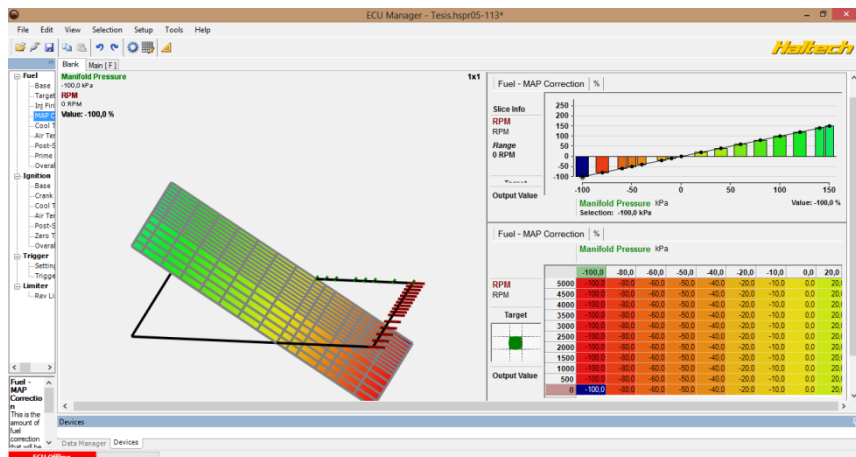
Fuente: Autores

Figura 55. Cartografía de la temperatura del refrigerante.



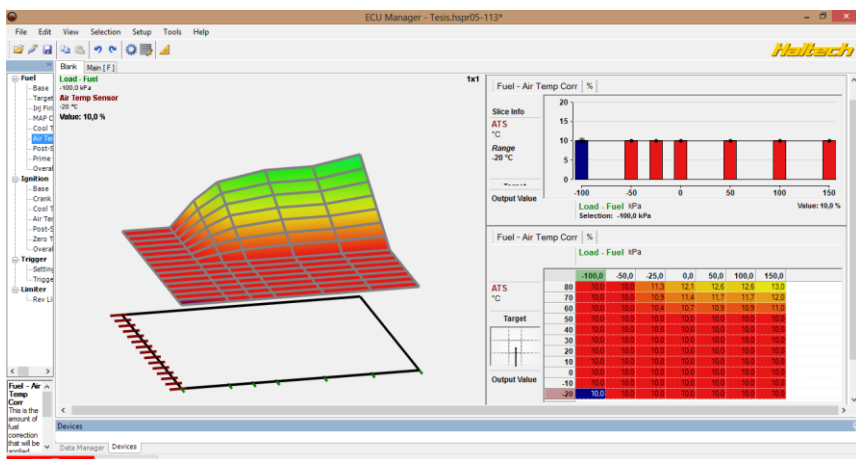
Fuente: Autores

Figura 56. Cartografía de la presión en el múltiple.



Fuente: Autores

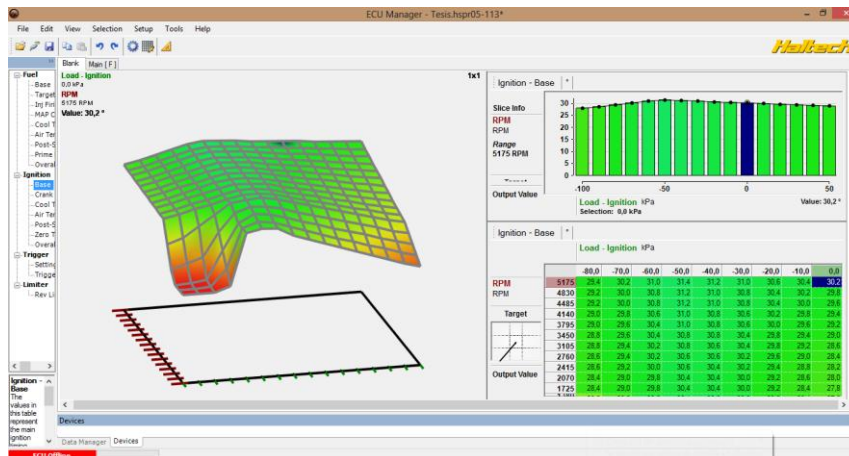
Figura 57. Cartografía de la temperatura de aire.



Fuente: Autores

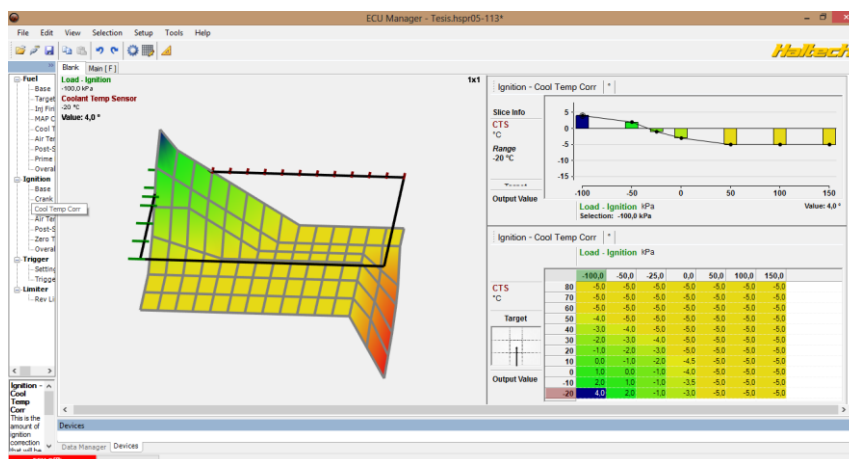
4.8.2 Cartografía de ignición óptima.

Figura 58. Cartografía de Ignición.



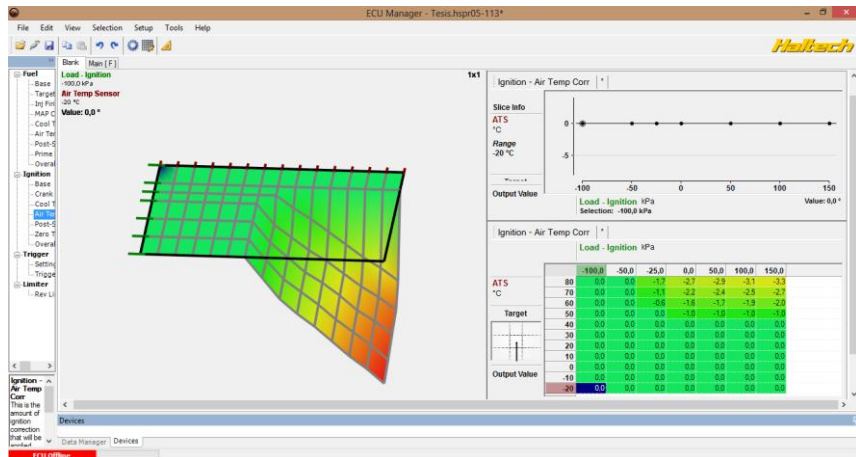
Fuente: Autores

Figura 59. Cartografía de temperatura del refrigerante.



Fuente: Autores

Figura 60. Cartografía de la temperatura de aire.



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y FASE EXPERIMENTAL

5.1 Análisis e interpretación de resultados.

Una vez recopilados los datos fueron ordenados y tabulados y se les aplicó T-Student de variables relacionadas, puesto que los muestreos se realizaron a lo largo del tiempo y nuestras variables son de tipo numéricas.

Chapiro Wilk para muestras pequeñas (menores a 30 individuos)

Criterio para la comprobación de la hipótesis: Si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha$ Se acepta la hipótesis alternativa (hay una diferencia significativa entre los valores antes y después del tratamiento). Si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha$ Se acepta la hipótesis nula (no existe una diferencia significativa entre los valores antes y después del tratamiento)

5.1.1 Pruebas en ralentí.

Tabla 5. Voltajes obtenidos a 850 rpm del sensor MAF.

	voltAS850	voltTA850	var
1	,776	,749	
2	,775	,748	
3	,778	,750	
4	,774	,752	
5	,775	,751	
6	,778	,748	
7	,777	,748	
8	,777	,750	
9	,775	,751	
10	,775	,752	
11	,776	,747	
12	,775	,748	
13	,778	,747	
14	,779	,749	
15	,775	,750	
16	,778	,747	
17	,779	,747	
18	,779	,748	
19	,778	,747	
20	,776	,749	

Fuente: Autores

Tabla 6. Resultados obtenidos en ralentí.

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 voltAS850	,77665	20	,001631	,000365
voltTA850	,74890	20	,001683	,000376

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 voltAS850 & voltTA850	20	-,608	,004

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	voltAS850 - voltTA850	,027750	,002971	,000664	,026359	,029141	41,766	19	,000

Fuente: Autores

En la prueba de muestras emparejadas el valor de la probabilidad es de cero, lo que es menor a nuestro error admisible por lo tanto si existe una diferencia significativa entre

los voltajes obtenidos en el Maf antes y después de la instalación del turbo analizando las medias de los voltajes obtenidos quiere decir que ingresa una menor cantidad de aire al motor sobrealimentado debido a las restricciones tanto en la admisión como el escape.

El flujo de aire hacia el motor disminuyo en un 3,6%.

5.1.2 Pruebas a 2500 RPM.

Tabla 7. Voltajes obtenidos a 2500 rpm del sensor MAF

votIAS2500	voltTA2500	var
1,510	2,225	
1,515	2,223	
1,508	2,225	
1,509	2,226	
1,511	2,222	
1,512	2,225	
1,513	2,224	
1,515	2,225	
1,511	2,226	
1,509	2,223	
1,514	2,225	
1,514	2,225	
1,514	2,224	
1,510	2,226	
1,510	2,224	
1,511	2,223	
1,512	2,222	
1,514	2,225	
1,510	2,224	
1,513	2,226	

Fuente: Autores

Tabla 8. Resultados obtenidos a 2500 RPM

➔ **Prueba T**

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 voltAS2500	1,51175	20	,002149	,000481
voltTA2500	2,22440	20	,001273	,000285

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 voltAS2500 & voltTA2500	20	-,038	,872

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	voltAS2500 - voltTA2500	- 712650	002540	000568	- 713839	- 711461	-1254.907	19	.000

Fuente: Autores

En la prueba demuestras emparejadas el valor de la probabilidad es de cero, lo que es menor a nuestro error admisible por lo tanto si existe una diferencia significativa entre los voltajes obtenidos en el Maf antes y después de la instalación del turbo analizando las medias de los voltajes obtenidos quiere decir que ingresa una mayor cantidad de aire al motor sobrealimentado debido a que en este régimen ya el compresor venció la inercia y se encuentra operando y está forzando la entrada de aire.

El flujo de aire hacia el motor se incrementó en un 47,18%.

5.1.3 Pruebas a 4800 RPM.

Tabla 9. Voltajes obtenidos a 4800 rpm del sensor MAF

voltAS4800	voltTA4800	var
2,810	3,986	
2,809	3,987	
2,809	3,985	
2,812	3,987	
2,808	3,985	
2,808	3,986	
2,809	3,987	
2,811	3,987	
2,809	3,988	
2,811	3,986	
2,809	3,987	
2,809	3,987	
2,810	3,988	
2,809	3,986	
2,808	3,987	
2,811	3,984	
2,810	3,986	
2,809	3,987	
2,809	3,987	
2,811	3,986	

Fuente: Autores

Tabla 10. Resultados obtenidos a 4800 RPM

→ Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 voltAS4800	2,80955	20	,001146	,000256
voltTA4800	3,98645	20	,000999	,000223

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 voltAS4800 & voltTA4800	20	-,090	,707

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	voltAS4800 - voltTA4800	-1.176900	.001586	.000355	-1.177642	-1.176158	-3318.313	19	.000

Fuente: Autores

En la prueba demuestras emparejadas el valor de la probabilidad es de cero, lo que es menor a nuestro error admisible por lo tanto si existe una diferencia significativa entre los voltajes obtenidos en el Maf antes y después de la instalación del turbo analizando las medias de los voltajes obtenidos quiere decir que ingresa una mayor cantidad de aire al motor sobrealimentado debido a que en este régimen ya el compresor se encuentra operando a su máxima capacidad a la que está regulado y está forzando la entrada de aire.

El flujo de aire hacia el motor se incrementó en un 42,35%.

5.1.4 *Pruebas de distancia con respecto a un tiempo determinado.*

Tabla 11. Distancias recorridas en un tiempo determinado.

TineAS	TimeTA	var
15,45	9,12	
15,60	9,15	
15,78	9,25	
15,84	9,18	
15,66	9,13	
15,79	9,16	
15,85	9,12	
15,82	9,15	
15,86	9,17	
15,89	9,19	

Fuente: Autores

Tabla 12. Resultados obtenidos distancia en función del tiempo.

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	TineAS	15,7540	10	,14049	,04443
	TimeTA	9,1620	10	,03910	,01236

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	TineAS & TimeTA	10	,429	,216

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par.1	TimeAS - TimeTA	6.59200	1.2865	.04068	6.49997	6.68403	162.033	9	.000

Fuente: Autores

En la prueba de muestras emparejadas el valor de la probabilidad es de cero, lo que es menor a nuestro error admisible por lo tanto si existe una diferencia significativa entre los tiempos tomados con el cronómetro hasta que el automóvil alcance los 100 Km/h partiendo del reposo.

El tiempo que necesita el automóvil para alcanzar los 100Km/h disminuyo en un 41 %.

Lo que indica que la aceleración ha mejorado significativamente, es decir que disponemos de más torque y potencia en el motor turbo alimentado.

5.1.5 Pruebas de consumo de combustible.

Tabla 13. Cantidad de combustible consumido en una distancia de cien kilómetros.

kilómetros	LtSC	LtSTI	var
100,00	35,80	25,57	
100,00	35,83	25,58	
100,00	35,79	25,49	
100,00	35,81	25,59	
100,00	35,80	25,60	
100,00	35,79	25,57	
100,00	35,83	25,57	
100,00	35,80	25,61	
100,00	35,81	25,56	
100,00	35,82	25,57	

Fuente: Autores

Tabla 14. Resultados del consumo de combustible.

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	LtSC	35,8080	10	,01476	,00467
	LtSTI	25,5710	10	,03247	,01027

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	LtSC & LtSTI	10	,260	,469

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	LtSC - LtSTI	10,23700	,03199	,01012	10,21412	10,25988	1011,962	9	,000

Fuente: Autores

En la prueba de muestras emparejadas el valor de la probabilidad es de cero, lo que es menor a nuestro error admisible por lo tanto si existe una diferencia significativa en la cantidad de combustible consumido, al recorrer 100 Km.

El consumo de combustible tubo una notable disminución de un 28,57%.

Esto se debe a que el sistema de inyección programable corta la inyección de combustible cuando la mariposa de admisión se encuentra cerrada, además el sensor de oxígeno de banda ancha que hace correcciones en tiempo real al pulso de inyección de combustible manteniendo la relación estequiométrica además reduciendo las emisiones de CO, NOX e hidrocarburos no combustionados.

5.1.6 Análisis de gases, rango de 0-1500 RPM

Tabla 15. Pruebas a carburador de 0-1500 RPM

	Parámetros					
Revoluciones	% CO	HC (ppm)	% CO ₂	% O ₂	Lambda	AFR NOX
0-1500 RPM	10	256	7,8	25	1,669	24,5
	10	252	7,8	25	1,669	24,5
	10	249	7,8	25	1,669	24,5
	10	251	7,8	25	1,669	24,5
	10	249	7,8	25	1,669	24,5
PROMEDIOS	10	251,4	7,8	25	1,669	24,5

Fuente: Autores

Tabla 16. Pruebas con el sistema de 0-1500 RPM

	Parámetros					
Revoluciones	% CO	HC (ppm)	% CO ₂	% O ₂	Lambda	AFR NOX
0-1500 RPM	4,17	361	10,2	25	2	29,3
	4,69	253	10,2	25	1,983	29,1
	5,34	223	11,2	25	1,87	27,4
	5,33	141	11,5	25	1,861	27,3
	5,82	111	12	25	1,802	26,4
PROMEDIOS	5,07	217,8	11,02	25	1,9032	27,9

Fuente: Autores

Tabla 17. Resultados obtenidos en el análisis de gases, rango de 0-1500 RPM

% CO	32,71%	Disminuye
HC (ppm)	7,16%	Disminuye
% CO ₂	17,11%	Aumenta
% O ₂	0,00%	Permanece
Lambda	6,56%	Aumenta
AFR NOX	6,49%	Aumenta

Fuente: Autores

Con los resultados obtenidos en el análisis del uso de wideband se determinó que el CO₂ aumenta en un 17,11% obteniendo 5,07% CO, pero no es considerado tóxico, el HC (ppm) disminuye en un 7,16% obteniendo 217,8 ppm HC.

En las pruebas demostradas del uso de wideband a las revoluciones de 0-1500RPM se observó que el porcentaje %CO disminuyó en un 32,71%, aumentando Lambda y AFR NOX en un 6,5% y 6,49%, respectivamente, permaneciendo constante el porcentaje %O₂.

5.1.7 Análisis de gases, rango de 1500-3000 RPM

Tabla 18. Pruebas a carburador de 1500-3000 RPM

Revoluciones	Parámetros					
	% CO	HC (ppm)	% CO ₂	% O ₂	Lambda	AFR NOX
1500-3000 RPM	10	1436	6,8	25	1,636	24
	5,78	2670	7,8	25	1,832	26,9
	5,04	4756	9	25	1,521	25,3
	3,35	3742	9,1	25	1,906	28
	4,07	7381	8,2	25	1,646	24,2
	4,18	7488	9	25	1,604	23,5
	3,01	7562	8,2	25	1,71	25,1
	3,12	6522	7,8	25	1,792	26,3
	2,88	6158	6,5	25	1,924	28,2
	1,56	5698	8,2	25	1,985	29,1
PROMEDIOS	4,299	5341,3	8,06	25	1,7556	26,06

Fuente: Autores

Tabla 19. Pruebas con el sistema de 1500-3000 RPM

Revoluciones	Parámetros					
	% CO	HC (ppm)	% CO ₂	% O ₂	Lambda	AFR NOX
1500-3000 RPM	9,8	346	9,8	25	2	25
	8,49	326	10,1	25	1,684	24,7
	6,52	217	12,5	25	1,728	25,4
	6,11	286	10,9	25	1,825	26,8
	5,81	166	12,7	25	1,77	26
	4,38	289	12	25	1,76	26
	3,04	173	12,2	25	2	26,2
	2,62	176	12,5	25	2	26,2
	2,89	187	12,3	25	2	26,3
	1,97	189	12,6	25	2	26,2
PROMEDIOS	5,163	235,5	11,76	25	1,8767	25,88

Fuente: Autores

Tabla 20. Resultados obtenidos en el análisis de gases, rango de 1500-3000 RPM

% CO	9,13%	Aumenta
HC (ppm)	91,55%	Disminuye
% CO ₂	18,67%	Aumenta
% O ₂	0,00%	Permanece
Lambda	3,33%	Aumenta
AFR NOX	0,35%	Disminuye

Fuente: Autores

Con los resultados obtenidos se determinó que el CO₂ aumenta en un 18,67% obteniendo el 5,16% CO, pero no es considerado tóxico, el HC (ppm) disminuye en un 91,55% lo que es totalmente beneficiado alcanzando 235,5 ppm HC, el AFR NOX es un gas tóxico beneficiosamente disminuye en un 0,35%, el CO aumenta en un 9,13% pero es considerado debido a una combustión completa con el sistema turbo. Lambda aumentó en un 9,13%, y permaneciendo constante el porcentaje %O₂.

CAPÍTULO VI

6. ANALISIS DE COSTOS.

6.1 Detalle de costos directos.

Tabla 21. Costos directos.

CANTIDAD	DETALLE	DESCRIPCIÓN	Valor unitario USD	Valor Total USD
1	Unidad programable Haltech	Ecu Haltech sprint 500	1200	1800
		Wide band singel chanel	600	
1	Sistema de sobrealimentación	Turbo compresor Garrete	400	560
		Intercooler	120	
		Blow Off	40	
1	Sistema de combustible	Regulador de presión de combustible	30	220
		Bomba de combustible	40	
		Riel de combustible	15	
		Tuberías de presión de aire	80	
		Mangueras de alta presión de combustible	55	
1	sistema de inyección electrónica	Bobina de encendido	80	500
		Cuerpo de aceleración	40	
		Sensor TPS	35	
		Sensor CKP	45	
		Sensor IAT	15	
		Sensor ECT	35	
		Inyectores	250	

TOTAL	3080
--------------	-------------

Fuente: Autores

6.2 Detalle de costos indirectos.

Tabla 22. Costos indirectos

DETALLES	PRECIO
Combustible para pruebas	100
Impresiones	80
Viáticos y transporte	80
TOTAL	260

Fuente: Autores

6.3 Costos totales.

Tabla 23.Total de costos

Costos	Valor USD
Costos directos	3080
Costos indirectos	260
Total	3340

Fuente: Autores

6.4 Análisis costo beneficio.

Tabla 24. Relación costo-beneficio.

Detalle	Galones	Precio
Consumo de combustible antes	9,45	13,986
Consumo de combustible después	6,75	9,99

Fuente: Autores

Tabla 25. Benéfico por kilómetros recorridos

Ahorro por cada 100Km	
3,996	400

Fuente: Autores

6.5 Flujo de caja.

Tabla 26. Flujo de caja.

INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
3340	1598,400	2138,66	2861,53	3828,72	5122,83

Fuente: Autores

6.6 Calculo del VAN.

Tasa = 0,338

Tabla 27. Calculo VAN

AÑOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE V.A		V.A	PRR
1	1598,40	$1/(1+0,338) =$	0,7474	1194,62	1194,62
2	2138,66	$1/(2+0,338) =$	0,5586	1194,62	2389,24
3	2861,53	$1/(3+0,338) =$	0,3120	892,84	3282,08
4	3828,72	$1/(4+0,338) =$	0,0974	372,74	3654,82
5	5122,83	$1/(5+0,338) =$	0,0095	48,55	3703,37
VALOR ACTUAL NETO DE FNC				3703,37	
MENOS: INVERSION				3340	
VALOR ACTUAL NETO				363,37	

Fuente: Autores

6.7 Cálculo del TIR.

Tabla 28. Cálculo TIR

AÑOS	FLUJO DE CAJA	FAC. DESC 0,017	VALOR ACTUAL	FAC. DESC 0,018	VALOR ACTUAL
1	1598,40	0,9833	1571,68	0,9823	1570,14
2	2138,66	0,9668	2067,76	0,9649	2063,70
3	2861,53	0,9348	2674,94	0,9311	2664,44
4	3828,72	0,8738	3345,69	0,8670	3319,49
5	5122,83	0,7636	3911,78	0,7517	3850,75
		INVERSION	\$ 3.340,00	INVERSION	3340
		VANi	\$ 5,69	VANs	-\$ 20,51

Fuente: Autores

$$TIR = Tdi + (TDs - Tdi) \left(\frac{VANi}{VANi - VANs} \right)$$

$$TIR = 0,017 = 1.72\%$$

$$Relacion \frac{B}{C} = \frac{VAN}{INVERS} = 1,10879296$$

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones.

En la investigación se pudo abarcar los conocimientos de motores sobrealimentados y los sistemas de inyección programable para su debida aplicación.

Se logró la instalación del sistema de sobrealimentación de acuerdo a los parámetros técnicos que se pudo obtener durante esta investigación.

Se logró la instalación del sistema de inyección programable dando como resultado una mejora muy grande sobre el sistema de combustible a carburador.

Con los datos obtenidos en las diferentes pruebas, se determinó que la eficiencia volumétrica de un motor sobrealimentado mejora al encontrarse a una altura mayor a los 2500 m.s.n.m.

Con los resultados obtenidos en el análisis costo beneficio podemos asegurar que nuestra inversión es viable ya que la relación B/C es mayor que 1.

El análisis del uso de wideband determinó que todo esto cumple con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 204 obteniendo 5,07% CO de 0-1500 RPM y el 5,16% CO de 1500-3000 RPM como si fuera un modelo de 1989 y obteniendo 217,8% ppm ESTE VALOR NO PUEDE TENER DOS CONCENTRACIONESHC de 0-1500 RPM y 235,5 ppm HC de 1500-3000 RPM como si fuera un año de modelo de 1990 a 1999.

7.2 Recomendaciones.

Al conducir el vehículo por un tiempo prolongado con una programación inadecuada puede causar serios daños al motor.

Para garantizar de que la programación de las tablas de inyección es recomendable utilizar un sensor de oxígeno de banda ancha para asegurarse de que la relación de la mezcla este correcta bajo las operaciones del motor.

Para evitar daños en el motor, se debe programar una mezcla rica para luego lentamente empobreciéndola hasta que se alcance la mezcla ideal.

Observar detenidamente la temperatura del refrigerante del motor durante la programación, ya que este está operando bajo mucha carga.

Nunca mantener el motor fijo en cargas altas por períodos prolongados para verificar las mezclas, cuando se acerca al rango medio y alto de la carga a altas velocidades del motor es bueno verificar las mezclas al aplicar las cargas y luego hacer los cambios con el motor sin carga.

8. Bibliografía

CUAUTLE, JOSE LUIS OROZCO. *Diagnostico y servicio Inyeccion electronica en motores a gasolina.* Mexico: Mexico Digital, 2006, pp. 34-40.

CUAUTLE, OROZCO. *Electronica y Electricidad Automotriz.* Mexico: Mexico Digital, 2006, pp. 25-39.

Hall, Daniel. *Ingenieria Automotriz.* Delhi : Global Media, 2007, pp. 405-412.

PAZ, MANUEL ARIAS. *Manual del Automovil.* España : Dossat, 2010, pp. 209-210.

SANTANDER, JESUS RUEDA. *Manual Tecnico de Fuel Injection.* Guayaquil : Diseli, 2006, pp. 218-220.

ERIKSSON LARS, NIELSEN LARS. "Sistemas de admision". *Automocion Modelado Control de motores y ejes*, N° 231 (2014) (United State of America) pp. 16-24.

GUILLIERI, STEFANO. "Motores turbo-alimentados". *Preparacion de Motores de Serie para Competicion.* N°56 (2011) (Argentina) pp. 56-58.

BOSCH. *Bosch Autopartes.* [en línea]. Alemania. Elementos automotrices. [consulta: 03 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.boschautopartes.mx/Pages/default.aspx>.

HIDALGO, RUBEN. Autocasion. [en línea]. México. Sistemas de sobrealimentacion, 5 de agosto de 2014. [consulta: 25 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/160475/que-es-y-como-funciona-el-turbo-y-los-sistemas-de-sobrealimentacion/>

HALTECH. Haltech Engine Management Systems. [en línea]. Australia. Haltech sprint 500. [consulta: 03 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.haltech.com/platinum-sprint-500/>.

HONEYWELL. Garrett. [en línea]. Turbo garret gt2052. [consulta: 02 de mayo de 2015]. Disponible en: http://turbobygarrett.com/turbobygarrett/pressure_ratio.

NKG. NKG & NTK. [en línea]. Bobinas de encendido. [consulta: 03 de abril de 2015]. Disponible en: <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/bobinas-de-encendido/>.

AUTOK. *Electro ventilador*. [blog]. Brasil: Mario Telmes. 2015. [consulta: 30 de Abril de 2015]. Disponible en: <http://www.autoknet.com/en/preguntanos/ver/funcionamiento-del-electroventilador/>.

FORD, COMPANIA DE MOTORES. *Motor Ford Ecoboost*. [blog]. Estados Unidos, 2009. Disponible en: <http://www.ford.es/Tecnologia/Rendimiento/Ford-EcoBoost>

MAZDA. *Tecnologia Skyactive*. [blog]. Japon, 2011. Disponible en: <http://www.mazda.es/mazda-spirit/tecnologia-skyactiv/tecnologia-skyactiv/>

PERIODISTAMOTOR. Periodistamotor. [blog]. México, 2007. Disponible en: www.periodistamotor.com.

CAZORLA, Francisco, & CHIMBORAZO, Segundo. *Desarrollo de un sistema de recuperacion de energia de los gases de escape mediante un turbo generador en un motor de combustion interna de 4 cilindros a gasolina*. Escuela superior Politecnica de Chimborazo. Mecanica. Ingenieria Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 45-53.

ÁLVAREZ, Diego, & QUINTEROS, Diego. 2011. *Preparación y modificación de inyección electrónica programable con telemetría unidireccional de un motor para rally en un automovil mazda 323*. Escuela superior Politecnica de Chimborazo. Mecanica. Ingenieria Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 24-30.

Cifuentes, Xavier, Raul Cabrera. *Adaptación de un sistema de inyección programable en un vehículo a carburador.* Escuela superior Politecnica de Chimborazo. Mecanica. Ingenieria Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2009. pp. 57-63.

ANEXOS

ANEXO A: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.

DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

5.2 Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

5.3 La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralentí.

6. REQUISITOS

6.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

6.1.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200
* Volumen				
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

6.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).

6.2.1 Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	=< 3 860	=< 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	> 3 860 = < 6 350		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
	> 6 350		37,1	1,9	5,0		4

* prueba realizada a nivel del mar
 ** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

6.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

6.3.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos europeo

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia (kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 ⁽¹⁾	=< 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 ⁽²⁾ , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 <1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2

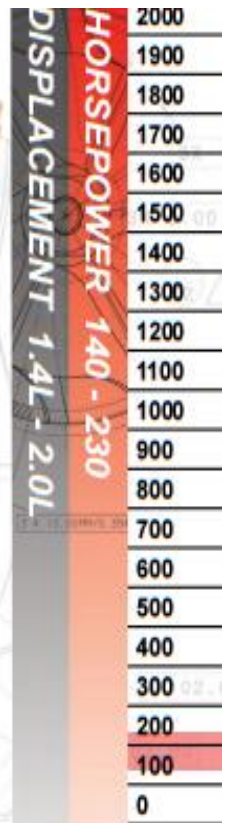
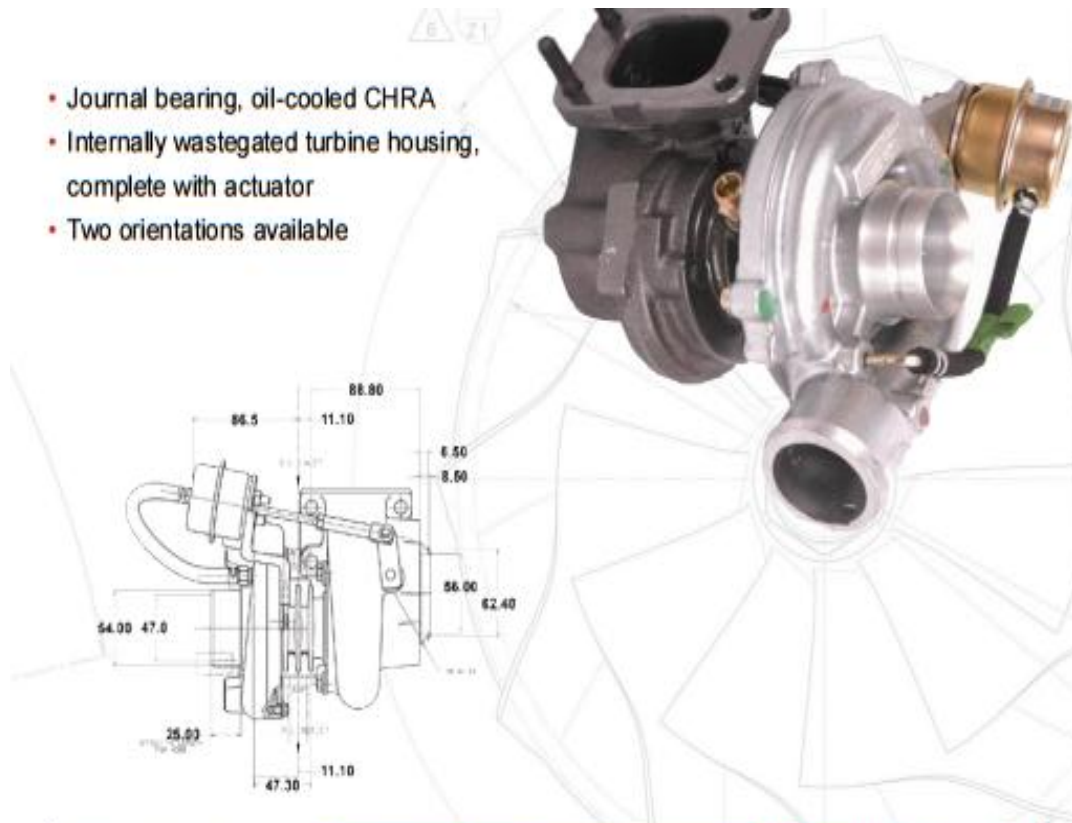
* Prueba realizada a nivel del mar

⁽¹⁾ Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas

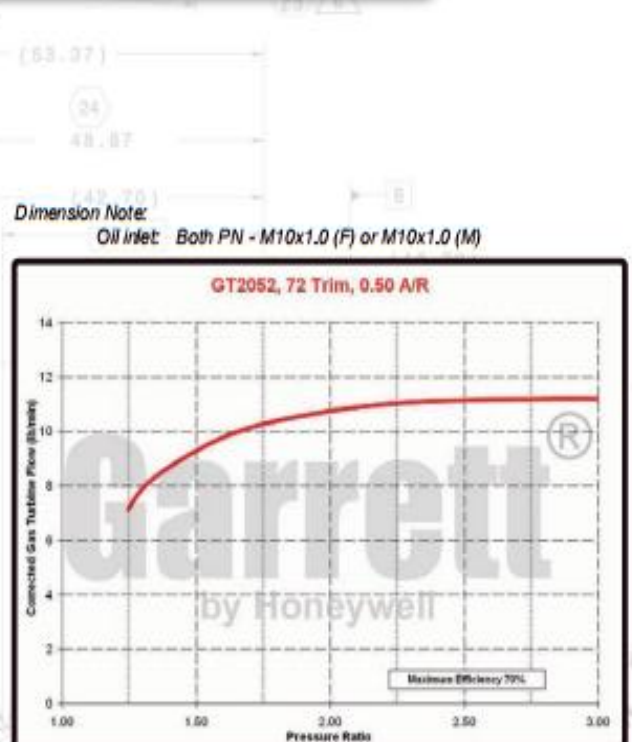
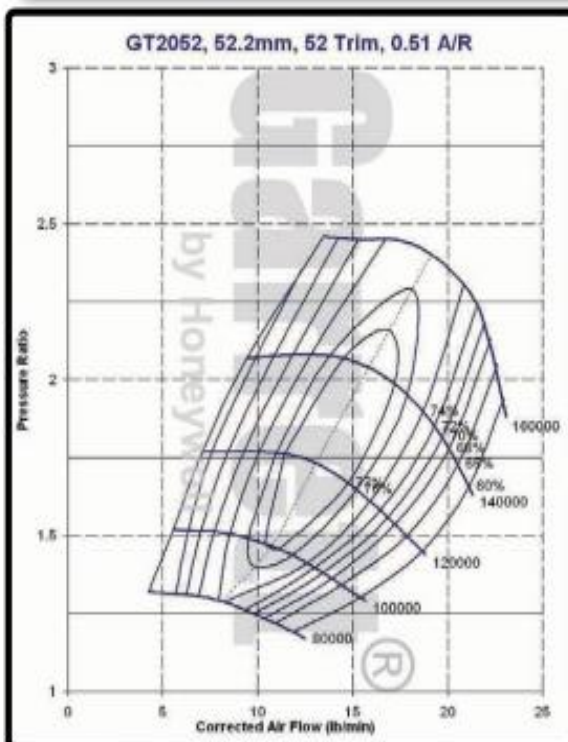
⁽²⁾ Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

ANEXO B: CATALOGO DEL TURBO

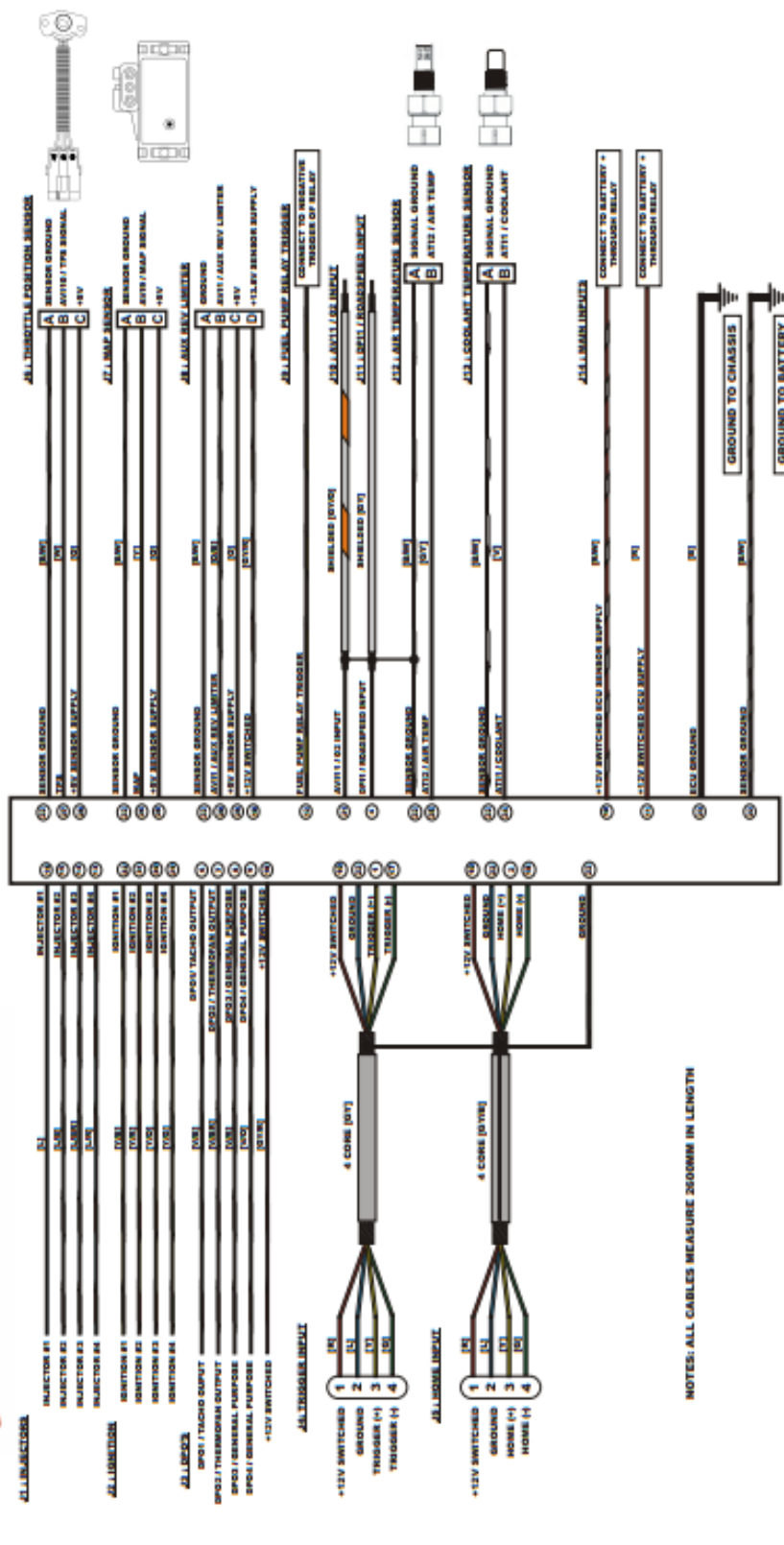
- Journal bearing, oil-cooled CHRA
- Internally wastegated turbine housing, complete with actuator
- Two orientations available



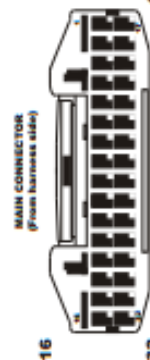
GT2052		COMPRESSOR				TURBINE		
Turbo PN	CHRA PN	Ind Whl Dia	Exd Whl Dia	Trim	A/R	Whl Dia	Trim	A/R
727264-1	451298-43	37.6mm	52.2mm	52	0.51	47.0mm	72	0.50
727264-2	451298-43	37.6mm	52.2mm	52	0.51	47.0mm	72	0.50



PLATINUM SPRINT 500 WIRING DIAGRAM



NOTES: ALL CABLES MEASURE 3600MM IN LENGTH



LEGEND - WIRE COLOUR:

B = BLACK BR = BROWN G = GREEN GY = GREY L = BLUE O = ORANGE P = PINK R = RED V = VIOLET Y = YELLOW

WHEN TWO COLOURS ARE USED IN A WIRE BY THE ALPHABETICAL CODE, THE FIRST LETTER INDICATES THE BASIC WIRE COLOUR, THE SECOND COLOUR INDICATES THE COLOUR OF THE STRIPE.